



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA Tensión CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

Alumno: Álvaro Itoiz Donamaría

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 30 de Agosto de 2010



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Alumno: Álvaro Itoiz Donamaría

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 30 de Agosto de 2010



## ÍNDICE

### MEMORIA

pág.

<b>1. Titular</b>	<b>4</b>
<b>2. Técnico redactor</b>	<b>4</b>
<b>3. Objeto</b>	<b>4</b>
<b>4. Distribución de la superficie de la nave</b>	<b>4</b>
<b>5. Previsión de carga</b>	<b>6</b>
<b>6. Opciones a elegir</b>	<b>8</b>
6.1. Esquemas de conexión de neutro	8
6.1.1. Esquema TT	9
6.1.2. Esquema IT	10
6.1.2.1. Aislado	10
6.1.2.2. Conectado mediante una impedancia	11
6.1.3. Esquema TN (TN-C y TN-S)	12
6.2. Transformadores	13
6.2.1. Transformadores en baño de aceite	13
6.2.2. Transformadores secos	14
6.3. Compensación de la energía reactiva	15
6.3.1. Formas de compensar	16
6.3.1.1. Compensación global	16
6.3.1.2. Compensación por sectores	16
6.3.1.3. Compensación individual	16
6.3.2. Tipos de compensación	17
6.3.2.1. Condensadores fijos	17
6.3.2.2. Condensadores de regulación automática o batería de condensadores	17
Baterías con contactores electromecánicos	17
Baterías con tiristores	17
6.4. Potencia a contratar	18
6.4.1. Con 1 máximo	18
6.4.2. Con 2 máximos	19
6.4.3. Con 3 máximos	19
6.5. Tarifas a elegir	20
6.5.1. Triple tarifa A	20
6.5.2. Triple tarifa B	20
6.5.3. Estacional	21
<b>7. Descripción de la instalación</b>	<b>21</b>
7.1. Conexión de neutro	21
7.2. Centro de Transformación	21
7.3. Compensación de la reactiva	21



7.4. Acometida	22
7.5. Derivación Individual	22
7.6. Descripción de la instalación interior	23
7.6.1. Cuadro de protección general	23
7.6.2. Cuadros secundarios	23
7.6.2.1. Cuadro secundario 1: Mantenimiento	23
7.6.2.2. Cuadro secundario 2: Oficinas	24
7.6.2.3. Cuadro secundario 3: Maquinaria	25
7.6.2.4. Cuadro secundario 4: Almacén	25
7.6.2.5. 33 Cuadros Tomas de corriente	26
7.6.3. Distribución de los circuitos principales	26
7.6.3.1. Secciones	26
7.6.3.2. Conductores-Instalación	29
7.6.4. Tipo de lámparas y luminarias	30
7.6.4.1. Taller y almacén de carretillas	30
7.6.4.2. Almacén de repuestos y Centro de Transformación	30
7.6.4.3. Oficinas, comedor y vestuarios	31
7.6.4.4. Baños	31
7.6.5. Alumbrados especiales	32
7.7. Instalaciones en cuartos de baño	32
7.8. Protecciones	34
7.8.1. Contra sobrecargas y cortocircuitos	34
7.8.2. Contra contactos indirectos	34
7.8.3. Tabla resumen de protecciones	34
7.9. Tierra	37
7.10. Potencia y tarifa contratada	38
7.11. Centro de Transformación	39
7.11.1. Objeto del proyecto	39
7.11.2. Reglamentación y disposiciones oficiales	39
7.11.3. Emplazamiento	39
7.11.4. Características generales del Centro de Transformación	39
7.11.4.1. Celda SM6	40
7.11.5. Necesidades y potencia instalada	40
7.11.6. Obra civil	41
7.11.6.1. Local	41
7.11.6.2. Características del local	41
<u>Compacidad</u>	41
<u>Facilidad de instalación</u>	41
<u>Material</u>	41
<u>Equipotencialidad</u>	42
<u>Impermeabilidad</u>	42
<u>Grados de protección</u>	42
7.11.7. Instalación eléctrica	43



7.11.7.1.	Características de la red de alimentación	43
7.11.7.2.	Características de la aparamenta de Alta Tensión	43
	<u>Características generales celdas SM6</u>	43
	<u>Celda de remonte (CMR)</u>	44
	<u>Celda de protección con fusibles (CMPF)</u>	45
	<u>Celda de medida (CMM)</u>	45
	<u>Transformador</u>	46
7.11.7.3.	Características del material de Alta Tensión	47
	<u>Embarrado general celdas SM6</u>	47
	<u>Piezas de conexión celdas SM6</u>	47
7.11.7.4.	Características de la aparamenta de Baja Tensión	47
	<u>Medida de la energía eléctrica</u>	47
7.11.7.5.	Puesta a tierra	48
	<u>Tierra de protección</u>	48
	<u>Tierra de servicio</u>	48
	<u>Tierras interiores</u>	48
7.11.7.6.	Instalaciones secundarias	48
	<u>Iluminación</u>	48
	<u>Iluminación de emergencia</u>	49
	<u>Protección contra incendios</u>	49
	<u>Ventilación</u>	49
	<u>Seguridad en celdas SM6</u>	49
<b>8.</b>	<b>Bibliografía</b>	50
8.1.	Reglamento, normativas y libros	50
8.2.	Páginas web de empresas	51
8.3.	Otras direcciones web de interés	52
<b>9.</b>	<b>Conclusión final</b>	52



# **MEMORIA**

## **1. TITULAR**

El presente Proyecto se redacta a petición de la ETSIIT como Proyecto Final de Carrera y se trata de la Instalación Eléctrica de una Nave Industrial.

## **2. TÉCNICO REDACTOR**

El presente Proyecto es redactado y firmado por ÁLVARO ITOIZ DONAMARÍA, Ingeniero Técnico Industrial, especialidad Electricidad.

## **3. OBJETO**

Se redacta este proyecto con objeto de definir las características técnicas de la Instalación Eléctrica de Baja Tensión y su Centro de Transformación que va a ser realizada en una nave industrial situada en el polígono industrial Arazuri-Orkoien, en la parcela 12.2 del término municipal de ARAZURI (Navarra).

Dicha nave será construida por necesidad de ampliación de una anterior, y en ella se realizará la venta, alquiler, reparación y fabricación de maquinaria industrial (carretillas elevadoras) y edificio administrativo.

El proyecto cumple en todo momento las prescripciones descritas por:

- El Vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como las Instrucciones complementarias al mismo. (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto).
- Normativa de empresa suministradora IBERDROLA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación
- Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. RD 3275/1982
- RD 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

## **4. DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA NAVE**

Se trata de una nave de nueva construcción con puerta corredera y con una altura de 7.25 m hasta canalón y de 8.8 hasta la cubierta central. Tiene fachadas libres, y la distribución se realiza: en una zona en tres plantas y el resto en una sola.

La distribución en metros útiles es la siguiente:



<b><u>PLANTA BAJA</u></b>	<b><u>Superficie (m<sup>2</sup>)</u></b>
Taller máquinas eléctricas	623,90
Zona de paso	194,50
Taller de mecanizado 2	68,10
Cabina de lavado 2	32,10
Cabina de lavado 1	35,40
Soldadura y sierra	19,29
Taller de mecanizado 1	58,50
Taller de maquinaria diesel	769,80
Aseo 1	16,10
Recepción de paquetería	8,70
Acceso personal	5,50
Cuarto de limpieza	7,00
Oficina de taller	64,60
Almacén carretillas alquiler e implementos	596,20
Almacén de repuestos	206,00
Hall	33,20
Oficina visitas taller	32,80
Escaleras	8,80
Ascensor	2,50
Hueco de instalaciones	0,96
	<b>2783.95</b>

<b><u>PRIMERA PLANTA</u></b>	<b><u>Superficie (m<sup>2</sup>)</u></b>
Vestuarios	58,60
Duchas	15,30
Comedor	46,40
Descansillo	8,60
Escaleras	8,80
Ascensor	2,50
Aseo 1	3,10
Aseo 2	4,10
Archivo	47,50
Sala de reuniones	22,60
Oficina 1	12,30
Oficina 2	12,30
Pasillo atención	9,20
Sala de espera	23,60
Despacho	21,50
Administración	84,30
Hueco de instalaciones	0,96



381.66

<b><u>SEGUNDA PLANTA</u></b>	<b><u>Superficie (m<sup>2</sup>)</u></b>
Escaleras	8,80
Ascensor	2,50
Aseo 1	3,10
Aseo 2	4,10
Zona común	144,04
Cafetería	30,80
Audiovisuales	94,80
Hueco de instalaciones	0,96
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">289,10</div>

<b><u>PATIOS</u></b>	<b><u>Superficie (m<sup>2</sup>)</u></b>
Almacén 2	28,50
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">28,50</div>

**SUPERFICIE ÚTIL TOTAL      3483,21m<sup>2</sup>**

## 5. PREVISIÓN DE CARGAS

De acuerdo con la actividad que se va a realizar la relación entre la maquinaria que se va a utilizar y la potencia total a instalar es la siguiente:

- **FUERZA**
  - **Maquinaria**

Maquinaria	Unidades	Electrificación	Potencia unitaria (w)	Potencia total (w)
Torno	1	III+N+T	5000	5000
Prensa	1	III+N+T	4800	4800
Taladro	1	III+N+T	1100	1100
Sierra	1	III+N+T	1000	1000
Compresor	1	III+N+T	22000	22000
Secador Compresor	1	III+N+T	1000	1000
Puente Grúa 10 Tn	1	III+N+T	3770	3770
Puente Grúa 5 Tn	1	III+N+T	3080	3080
Extractor Cabinas	1	III+N+T	2950	2950
Máquina de Lavado a Presión	1	III+N+T	5500	5500
Soldadura Móvil	1	III+N+T	6600	6600
Quemador de Gas Aerotermo	4	III+N+T	1500	6000
Equipos Portátiles de Aire	10	III+N+T	2000	20000



### Acondicionado

Extractor Humos	1	III+N+T	900	900
Puerta Rápida	1	I+N+T	500	500
Puerta Seccionable	3	III+N+T	1000	3000
Puerta Exterior	1	III+N+T	1000	1000
Barrera	1	I+N+T	500	500
Persiana Exterior	1	I+N+T	700	700
Cargador de Baterías	1	III+N+T	2880	2880
Cargador de Baterías	2	III+N+T	5760	11520
Cargador de Baterías	1	III+N+T	11200	11200
Ascensor	1	III+N+T	2800	2800

<b>TOTAL MAQUINARIA:</b>	<b>117800 w</b>
--------------------------	-----------------

- 4 Líneas para cuadros de T.C. en Taller y almacén: 16500 w
- 3 Líneas T.C. oficinas 3000 w
- 2 Líneas T.C. informática 2000 w
- 1 Línea cocina 3000 w
- 1 Línea lavaplatos 2200 w

<b>TOTAL FUERZA:</b>	<b>145500 w</b>
----------------------	-----------------

### • ALUMBRADO

	Unidades	Potencia unitaria (w)	Potencia total (w)
<b><u>Taller</u></b>			
Lámparas halogenuros metálicos	46	400	18400
Lámparas halógenas de encendido rápido	5	250	1250
<b><u>Almacén de carretillas</u></b>			
Lámparas halogenuros metálicos	15	400	6000
<b><u>Oficinas, vestuarios y almacén repuestos</u></b>			
Fluorescentes cuadrados (4*54w)	112	216	24192
Downlight estanco (2*18w)	2	36	72
Downlight (2*26w)	44	52	2288
Fluorescentes rectangulares (2*58w)	21	116	2436
<b><u>Exterior</u></b>			
Proyectores exterior IP54	9	400	3600
Lámparas de vapor de sodio a. p.	4	150	600



Letreros	3	4000	12000
<b>TOTAL</b>			<b>70838 w</b>

## RESUMEN

FUERZA	145500 w
ALUMBRADO	70838 w
<b>POTENCIA TOTAL INSTALADA</b>	<b>216338 w</b>

## 6. OPCIONES A ELEGIR

En este apartado analizaremos las alternativas más importantes que afectar a la seguridad de la actividad y de las personas así como su viabilidad técnica y económica. El fin que se busca es la mayor fiabilidad posible de la instalación al mejor precio.

### 6.1. Esquemas de conexión de neutro

El esquema de conexión nos va a determinar las medidas de protección de nuestra red. Estos equipos de protección nos cubrirán frente a sobretensiones y frente a sobreintensidades.

Los esquemas de conexión se definen en función de cómo está puesta a tierra la red de alimentación y de cómo están puestas a tierra las masas de los receptores. Se designan por 2 o 3 letras:

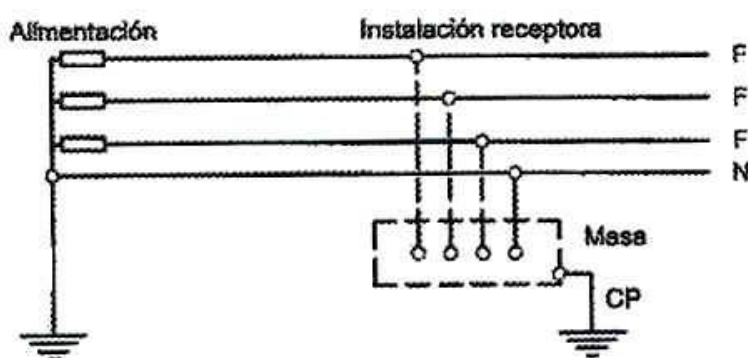
- La primera letra indica cómo está nuestra alimentación respecto a tierra:
  - T; La red de alimentación tiene el neutro conectado directamente a tierra.
  - I; La red de alimentación tiene el neutro aislado o lo tiene conectado a tierra a través de una impedancia.
- La segunda letra indica cómo están conectadas las masas receptoras:
  - T; Las masas están conectadas directamente a tierra.
  - N; Las masas de los receptores están conectadas directamente a un punto de la alimentación (neutro o conductor de protección) que está conectado a tierra.
- La tercera letra se refiere a como se encuentran el conductor de neutro y el de protección:
  - S; Son conductores independientes
  - C; Son el mismo conductor, es decir, cumple las dos funciones.

Analizaremos las distintas conexiones que hay y escogeremos la que más nos convenga para nuestra instalación según las características técnicas y económicas. No obstante deberemos tener en cuenta los siguientes principios:



- a) Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión es el esquema TT.
- b) En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.
- c) No obstante, puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones que para ese esquema se deben dar.

### 6.1.1. Esquema TT



Como se observa, la alimentación y las masas están puestas directamente a tierra. Esta conexión hace que ante un defecto la tensión de contacto que sufriría una persona dependa de la resistencia de puesta a tierra de la masa:

$$U_c = I_d * R_m$$

$$I_d = \frac{U_0}{R_a + R_m}$$

$U_c$ : Tensión de contacto

$I_d$ : Corriente de defecto

$U_0$ : Tensión nominal

$R_a$ : Resistencia de la tierra de alimentación

$R_m$ : Resistencia de la tierra de las masas

En el comienzo de la instalación es necesario colocar al menos un Interruptor Diferencial para que haga interrumpir la alimentación cuando la corriente de defecto sea tal que haga que la tensión de contacto sea peligrosa para las personas.

Se necesita el Interruptor Diferencial porque los Magnetotérmicos que podamos tener protegen para no sobrepasar una corriente máxima y la corriente de



defecto es muy inferior a ésta corriente máxima. El empleo de más de un Interruptor Diferencial permite poder ajustar una selectividad amperimétrica y cronométrica. Todos los Diferenciales tendrán un margen de corriente inferior a la que haga establecerse una tensión de contacto peligrosa. Además, tendrán por norma, un tiempo de corte inferior a 1 segundo.

### 6.1.2. Esquema IT

En el esquema IT el neutro se puede encontrar aislado de la tierra o conectado por medio de una impedancia de gran valor, por encima de los 2 KΩ. Las masas siempre tendrán una conexión a tierra directa.

#### 6.1.2.1. Aislado

Este es el esquema que ofrece una mayor continuidad de servicio, ya que corta el suministro al segundo defecto, a diferencia de los otros sistemas que lo hacen al primero. Esto se debe a que en el primer defecto, la corriente se encuentra con una con un circuito abierto para retornar al transformador, por lo que no lo puede hacer. Así pues, la corriente de defecto no será muy grande y la tensión de contacto tampoco, ya que se regirá por la siguiente fórmula:

$$U_c = I_d * R_m$$

$R_m$ : Resistencia de la tierra de las masas

$U_c$ : Tensión de contacto

$I_d$ : Corriente de defecto

Un segundo punto de defecto lo que provocaría sería una circulación de corriente y por lo tanto deberían saltar las protecciones Diferenciales. Lo que ocurriría es que la corriente pasaría por las dos masas, dándose las siguientes fórmulas:

$$U_c = I_d * R_m$$

$$I_d = \frac{U_0}{2R_m}$$

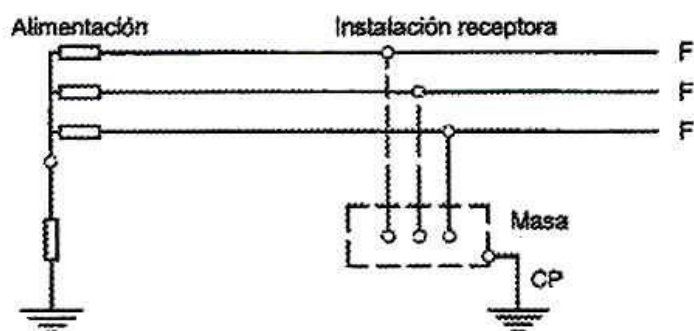
$R_m$ : Resistencia de la tierra de las masas

$U_c$ : Tensión de contacto

$I_d$ : Corriente de defecto

$U_0$ : Tensión nominal

### 6.1.2.2. Conectado mediante una impedancia



Como se observa, la conexión de las masas se realiza directamente a tierra, mientras que la del neutro se establece a través de una impedancia de valor superior a los 2 K $\Omega$ .

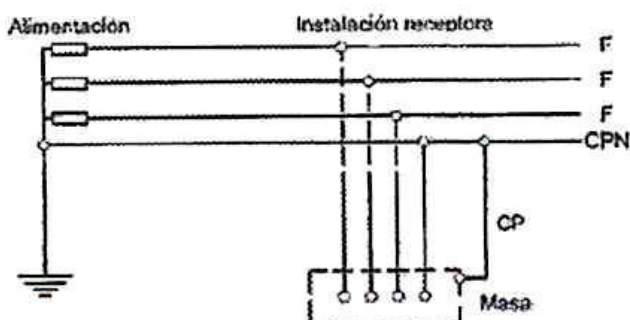
En este caso también se ofrece una gran continuidad del suministro, ya que al producirse el primer defecto, la corriente cuando va a retornar al transformador se encuentra con una resistencia muy grande, por lo que hace que no circule mucha corriente. No obstante, la corriente que circula es mayor que para el caso del neutro aislado, por lo que la tensión de contacto también lo será. Esta impedancia se elegirá de tal forma que la tensión de contacto nunca llegue a ser peligrosa.

Para ambos casos, cuando se produzca un primer defecto, un medidor de aislamiento que monitoriza constantemente la instalación, hará sonar una alarma que nos informará de dicho fallo. En cuanto se produce esta alarma se realizará una búsqueda del defecto mediante un localizador de defectos para intentar solventar el problema antes de que se produzca un segundo fallo y sea peligroso.

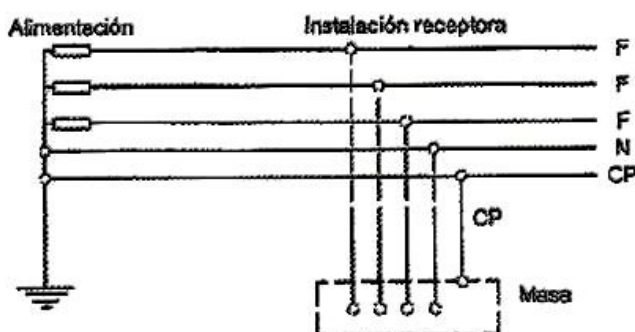
En este tipo de sistemas se requiere una puesta a tierra totalmente independiente al de otras instalaciones, ya que de lo contrario, la corriente de defecto podría regresar al transformador y provocar que el primer defecto sea verdaderamente peligroso. Igualmente, las masas metálicas no deben estar conectadas a otras de instalaciones diferentes.

Este tipo de esquemas suele ser utilizado en lugares donde no se pueda interrumpir el suministro como pueden ser quirófanos y actividades industriales especiales.

### 6.1.3. Esquema TN (TN-C y TN-S)



TN-C



TN-S

Como se puede observar en los dibujos, la diferencia entre el TN-C y el TN-S es si hay o no conductor de protección, pero a la hora de los cálculos y fórmulas es lo mismo:

$$U_c = I_d * R_{CP \text{ o } N}$$

$$I_d = \frac{U_0}{R_{fd} + R_{mm} + R_{CP \text{ o } N}}$$

$U_c$ : Tensión de contacto

$I_d$ : Corriente de defecto

$U_0$ : Tensión nominal

$R_{CP \text{ o } N}$ : Resistencia del conductor de protección o del neutro, dependiendo del esquema.

$R_{fd}$ : Resistencia de la fase de defecto.

$R_{mm}$ : Resistencia de la masa metálica.

Para que las masas de la instalación receptora puedan estar conectadas a neutro como medida de protección contra contactos indirectos, la red de alimentación debe cumplir las siguientes prescripciones especiales:

- La sección del conductor neutro debe, en todo su recorrido, ser como mínimo igual a la establecida en la tabla 1 de la ITC-REBT 08, que depende de la sección de los conductores de fase.



- b) En las líneas aéreas, el conductor neutro se tenderá con las mismas precauciones que los conductores de fase.
- c) Además de las puestas a tierra de los neutros señaladas en las ITCs-REBT 06 y 07, para las líneas principales y derivaciones, serán puestas a tierra igualmente en los extremos de éstas cuando la longitud de las mismas sea superior a 200 m.
- d) La resistencia de tierra del neutro no será superior a  $5 \Omega$  en las proximidades de la central generadora o del Centro de Transformación, así como en los 200 últimos metros de cualquier derivación de la red.
- e) La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a  $2 \Omega$ .
- f) En el esquema TN-C, las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección.

## 6.2. Transformadores

En la actualidad, los tipos constructivos de los transformadores de distribución para Centros de Transformación son prácticamente dos:

- Transformadores en baño de aceite.
- Transformadores de aislamiento sólido a base de resinas (transformadores secos).

### 6.2.1. Transformadores en baño de aceite

Son los más utilizados por las compañías distribuidoras para los Centros de Transformación de las redes públicas. El tipo actual es el denominado de “llenado integral”, el cual no tiene depósito de expansión. En estos transformadores, la dilatación del aceite por incremento de la temperatura es compensada por la deformación elástica de las aletas de refrigeración de la cuba.

Ventajas de los transformadores de “llenado integral” frente a los de depósito de expansión:

- + No hay contacto entre el aceite y el aire ambiente, con lo que se evita que el aceite se humedezca y se haga más ácido por la presencia del oxígeno del aire. Esto hace que el mantenimiento del aceite sea más reducido.
- + La instalación y el conexionado de los bornes de Baja Tensión y Alta Tensión es más fácil ya que no hay depósito de expansión.
- + La altura total del transformador es menor.

Esta supresión del depósito de expansión ha sido posible gracias a haberse conseguido diseñar transformadores con cantidades de aceite notablemente inferiores a las de los tipos anteriores.

Esta notable reducción en la cantidad de aceite hace que en caso de incendio las consecuencias y la peligrosidad del mismo sean menores por haber menos aceite combustible. Se trata de una ventaja muy importante.



Ventajas frente a los transformadores secos:

- + Menor coste unitario, actualmente valen en torno a la mitad.
- + Menor ruido.
- + Menos pérdidas de vacío.
- + Mejor control de funcionamiento.
- + Pueden instalarse a la intemperie.
- + Buen funcionamiento en atmósferas contaminadas.
- + Mayor resistencia a las sobretensiones y a las sobrecargas prolongadas.

Los transformadores en baño de aceite se construyen para todas las potencias y tensiones, pero para potencias o tensiones superiores a las de distribución para los Centros de Transformación siguen empleándose los de depósito de expansión.

Desventajas frente a los transformadores secos:

- La baja temperatura de inflamación del aceite (el valor mínimo de temperatura de inflamación del aceite es de 140 °C), por lo que el riesgo de incendio con desprendimiento de humos es elevado.

Por este motivo y por razones medioambientales, debajo de cada transformador debe disponerse de un pozo o depósito colector, de cantidad suficiente para la totalidad del aceite del transformador para que en caso de fuga de aceite por alguna anomalía, el aceite se recoja en dicho depósito.

En la parte superior del depósito colector se suele situar un dispositivo apagallamas que consiste en unas rejillas metálicas que producen la autoextinción del aceite. Otro dispositivo sería una capa de piedras por la cual pasaría el aceite para llegar al depósito y que harían de cortafuegos.

El depósito colector encarece el coste de la obra, por su propia infraestructura y porque obliga a que las paredes del Centro sean resistentes al fuego. Además, a menudo invalida cierta parte de la planta inferior si se tiene.

Pese a tratarse de transformadores sin contacto con el aire, puede producirse un incremento de la humedad del aceite debido al envejecimiento del aislamiento de las bobinas. Esto se debe a que la celulosa del aislamiento desprende agua al envejecer.

Este aumento de la humedad obliga a un mantenimiento con controles periódicos del aceite. En los controles periódicos se debe medir al menos la rigidez dieléctrica, ya que ésta disminuye mucho con la humedad, y la acidez, que hace que los aislamientos se deterioren.

### 6.2.2. Transformadores secos

Los transformadores secos tienen sus arrollamientos encapsulados dentro de resina epoxy mezclada con un polvo compuesto por distintos materiales. Este tipo de transformadores suele ser más utilizado en los Centros de Transformación de abonado, y menos en los de red pública.

Ventajas frente a los transformadores en baño de aceite:





- + Menor conste de la instalación al no necesitar depósito colector.
- + Menor riesgo de incendio, ya que los materiales utilizados para su construcción son autoextinguibles y no producen gases tóxicos y son tenues y no corrosivos. Se descomponen a partir de 300 °C. Cuando se produce fuego en el entorno, la resina arde con llama débil cuando alcanza los 350 °C, pero si desaparece el foco externo se extingue en poco tiempo.

Desventajas frente a los transformadores de baño de aceite:

- Mayor coste unitario (entorno al doble).
- Mayor ruido.
- Menor resistencia a las sobretensiones.
- Mayores pérdidas en vacío.
- No son adecuados para instalarlos a la intemperie ni para ambientes contaminados.

En la actualidad según ABB están disponibles hasta 72.5 KV y 30 MVA.

Cuando estos transformadores están en funcionamiento no deben tocarse sus paredes exteriores, por lo que tienen más riesgo ante contactos indirectos.

### 6.3. Compensación de la energía reactiva

La compensación de la energía reactiva es un proceso que se lleva a cabo para evitar una penalización económica por parte de las compañías suministradoras y para evitar el sobredimensionado de algunas partes de la instalación.

Lo que mide la calidad de la instalación es el factor de potencia, y contra más se acerque a la unidad es mejor. Un buen factor de potencia hace que la instalación esté mejor aprovechada técnica y económicamente.

Las pautas que siguen las compañías para el recargo o el abono se rigen por una serie de fórmulas. Lo primero se realiza el cálculo del coseno de  $\phi$ , y con este dato se calcula el porcentaje que se aplica a la suma del coste de la potencia contratada y del coste de la energía consumida:

$$\cos\phi = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}} \text{ (Con dos decimales)}$$

$$K_r(\%) = \frac{17}{(\cos\phi)^2} - 21 \text{ (Con un decimal)}$$

$$\text{Cantidad a pagar} = (A + B) * K_r(\%)$$

$\cos\phi$ : Factor de potencia

$W_a$ : Potencia activa (P)

$W_r$ : Potencia reactiva (Q)

A: Precio de la potencia contratada

B: Precio de la energía consumida

$K_r$ : Porcentaje de bonificación o recargo. La máxima bonificación que te pueden hacer es del 4% y el máximo recargo del 47%.



Existen diversas formas de compensar la energía reactiva: global, por sectores o individualmente. La mejor forma sería aquella que compensa la energía reactiva en el lugar que se consume, ya que de esta forma no tienes que sobredimensionar ninguna parte de la instalación por tener energía reactiva. Sin embargo, necesitarías más elementos compensadores.

### **6.3.1. Formas de compensar**

#### **6.3.1.1. Compensación global**

La compensación se realiza en la cabecera de la instalación, por lo que asegura la compensación del conjunto de la instalación. No obstante, no elimina la energía reactiva en la instalación, por lo que los cables siguen sufriendo el calentamiento por pérdidas de Joule y deben estar más sobredimensionados.

Mejora el funcionamiento del Centro de Transformación, ya que sólo tiene que dar potencia activa.

#### **6.3.1.2. Compensación por sectores**

La compensación se realiza en el cuadro de cada taller o cada nave por lo que si se quita a parte de la instalación de la energía reactiva. Al igual que en el caso anterior elimina las penalizaciones y mejora el funcionamiento del Centro de Transformación.

Las desventajas son que los cables aguas abajo de estos puntos siguen teniendo reactiva, por lo tanto pérdidas y existe riesgo de sobrecompensación por cambios bruscos de usos, cosa que no puede darse en ningún caso

#### **6.3.1.3. Compensación individual**

Esta compensación se realiza cuando la potencia de los motores es importante con respecto a la de la instalación, y compensa la energía reactiva en el mismo punto que se produce. En este caso, se reduce la energía reactiva en toda la instalación, por lo que los cables no deben estar sobredimensionados ni tendrán tantas pérdidas por efecto Joule. También mejorará el comportamiento del Centro de Transformación y eliminará las penalizaciones.



### 6.3.2. Tipos de compensación

#### 6.3.2.1. Condensadores fijos

Es aquella compensación que se realiza con condensadores de valor unitario establecido. Se utilizan para cargas inductivas que tienen poca fluctuación de carga. Puede utilizarse para cada motor en caso de que sean grandes o para un conjunto de pequeños motores.

La conexión de estos condensadores puede realizarse manualmente (por interruptor), automáticamente (por contactor) o directamente (por conexión directa en los bornes del receptor).

#### 6.3.2.2. Condensadores de regulación automática o batería de condensadores

La batería de condensadores es instalada en la cabecera del cuadro de distribución de Baja Tensión o en un lugar donde se maneje un sector importante en cuanto al consumo de energía reactiva. Las baterías de condensadores están formadas por distintos escalones de potencia reactiva. El valor del factor de potencia es detectado por un relé varimétrico que manda automáticamente la conexión y desconexión de los condensadores a través de contactores, en función de la carga y del factor de potencia deseado.

La compensación automática permite una adaptación casi inmediata de la energía reactiva necesaria. Dentro de la compensación automática cabe destacar dos posibilidades:

##### Baterías con contactores electromecánicos

Varían lentamente al variar la energía reactiva que necesita compensarse, del orden de segundos.

##### Baterías con tiristores

Se utiliza cuando se quiere una compensación instantánea de la energía reactiva a consecuencia de la rápida variación de la carga.

Con este sistema mejora la conexión de los escalones de la batería, ya que los condensadores se conectan en el preciso instante que la energía reactiva sobrepasa su valor, este o no cargado completamente el condensador. El tiempo que tarda en la conexión puede llegar a ser inferior al periodo de un ciclo de la frecuencia de la red.

Debido a esta mejor conexión se eliminan los transitorios, por lo que se alarga la vida útil de los condensadores y se aumenta el número de maniobras que se



puede realizar. Además se eliminan movimientos mecánicos para la conexión de los condensadores.

Una vez establecida la forma y la potencia quedaría establecer el tipo de equipo, que podría ser con condensadores con tensión y potencia adecuada a la red o baterías con condensadores dimensionados en tensión y potencia con reactancias en cada escalón.

Este segundo tipo se realiza para proteger los condensadores y evitar que en caso de haber armónicos los amplifiquen.

Para escoger el tipo de batería hay que considerar si existen o no armónicos en la instalación, la posibilidad de que exista una resonancia entre el transformador y la batería y analizar las medidas de la instalación

#### 6.4. Potencia a contratar

A la hora de contratar una potencia para la empresa deberemos escoger una tarifa tipo 4.0 ya que la potencia de nuestra empresa va a ser superior a 15 KW. Al tener que coger este tipo de tarifa tenemos que tener en cuenta la triple discriminación horaria que se expone en el apartado 6.5.

Para contratar la potencia deberemos escoger una de las siguientes opciones:

##### 6.4.1. Con 1 máximo

Un máximo es un instrumento de medición eléctrico cuya finalidad es obtener el valor máximo de la potencia eléctrica demandada durante un periodo de facturación de una compañía suministradora de energía eléctrica. El método de funcionamiento en el que se basa es en la realización de integrales del consumo eléctrico cada 15 minutos, y registra el valor más alto.

Si utilizamos este método la manera que tiene la compañía eléctrica de facturarnos es de la siguiente forma:

- Si sobrepasamos 1.05 veces la potencia contratada aplicará la siguiente fórmula:

$$P_F = P_R + 2 \times (P_R - 1.05 \times P_C)$$

Donde:

$P_F$  = Potencia facturada.

$P_R$  = Potencia registrada por el máximo.

$P_C$  = Potencia contratada.

- Si el medidor marca entre 0.85 veces y 1.05 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = P_R$$



- Si no llegamos a 0.85 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = 0.85 \times P_C$$

#### 6.4.2. Con 2 máxímetros

Con la utilización de dos máxímetros llega la diferenciación de horarios en los que se consume que se expondrá posteriormente.

En este método uno de los máxímetros se utiliza para registrar la energía utilizada en los periodos horarios considerados punta y llano, mientras que el otro máxímetro se encarga de registrar la energía utilizada en los horarios denominados valle.

El máxímetro que se utiliza para las horas punta y llano funciona como el método de 1 máxímetro, es decir, se obtiene la potencia del máxímetro 1 como la potencia de facturación del caso anterior.

El máxímetro 2 se utiliza para las horas valle y también se calcula con el método de 1 máxímetro.

Para hallar la potencia de facturación se hace lo siguiente:

- Si la potencia de las horas valle es mayor que la de las horas puntas y llano:

$$P_F = P_{1,2} + 0.2 \times (P_{HV} - P_{1,2})$$

$P_F$  = Potencia facturada.

$P_{1,2}$  = Potencia a considerar en los periodos punta y llano aplicando el modo de 1 máxímetro.

$P_{HV}$  = Potencia registrada en las horas valle.

- Si la potencia de las horas valle es menor que la de las horas punta y llano:

$$P_F = P_{1,2}$$

#### 6.4.3. Con 3 máxímetros

En este método se utiliza un máxímetro para franja horaria, es decir, uno para las horas punta, otros para las horas llano y otro para las valle. Por lo tanto para el cálculo de cada máxímetro se hace lo hecho en el primer caso.

La potencia de facturación se calcula de la siguiente forma:

$$P_F = P_{HP} + 0.5 \times (P_{HLL} - P_{HP}) + 0.2 \times (P_{HV} - P_{HLL})$$

$P_F$  = Potencia facturada.

$P_{HP}$  = Potencia registrada en las horas punta.

$P_{HLL}$  = Potencia registrada en las horas llano.

$P_{HV}$  = Potencia registrada en las horas valle.



Con esta fórmula tenemos que diferenciar los siguientes casos:

- Si la potencia de las horas llano es mayor que la de las punta:

$$P_F = P_{HP} + 0.2 \times (P_{HV} - P_{HLL})$$

- Si la potencia de las horas llano es mayor que la de las punta y la potencia de las horas llano también es mayor que la de las valle:

$$P_F = P_{HP}$$

- Si la potencia de las horas llano es mayor que la de las valle:

$$P_F = P_{HP} + 0.5 \times (P_{HLL} - P_{HP})$$

### 6.5. Tarifas a elegir

Con estas tarifas existen diferentes franjas horarias e incluso periodos anuales, y todos ellos quedan determinados por la empresa suministradora.

Si eliges el método de 1 máximo no hace falta elegir tarifa, ya que no hay discriminación horaria, por lo que la compañía establece otro término de potencia.

#### 6.5.1. Triple tarifa A

Con esta tarifa tenemos, como ya se ha dicho, 3 franjas horarias distintas. Por lo tanto el día, que tiene 24 horas, queda dividido de la siguiente forma:

- Las horas punta serán 4 horas y el recargo económico en ellas será del 70%.
- Las horas llano serán 12 horas y no habrá ni recargo ni descuento.
- Las horas valle serán 8 horas y habrá un descuento del 43%.

#### 6.5.2. Triple tarifa B

Al igual que en el anterior caso hay 3 franjas horarias para los días laborables (de lunes a sábado), mientras que hay un precio especial para festivos y domingos. De lunes a sábado:

- Las horas punta son 6 horas y tendrán un recargo del 100%.
- Las horas llano son 10 horas y no tendrán ni recargo ni descuento.
- Las horas valle son 8 horas y tendrán un descuento del 43%.

Festivos y domingos:

- Estos días se considerarán sus 24 horas como horas valle por lo que tendrán un descuento del 43%.

Esta tarifa beneficia mucho a las empresas que trabajan ininterrumpidamente los 7 días de la semana.



### 6.5.3. Estacional

En este caso, lo que ocurre es que se divide el año en cuatro periodos, de ahí su nombre, (pico (70 días), alto (80 días), medio (80 días) y bajo (135 días)) estos periodos a su vez, tienen una discriminación de horas punta, llano y valle.

El número de horas de cada una de las franjas horarias es exactamente igual al de la triple tarifa A, pero los recargos no:

- Si consumimos en las horas punta de los días pico el recargo es del 300%.
- Si consumimos en las horas punta de los días alto el recargo es del 100%.
- Si consumimos en las horas punta de los otros dos periodos o si consumimos en las horas llano de cualquiera de ellos, no hay ni recargo ni descuento.
- Si consumimos en las horas valle de cualquier periodo, el descuento será del 43%.

## 7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

### 7.1. Conexión de neutro

La conexión de neutro que vamos a llevar a cabo en nuestra instalación será la del régimen TN-S, es decir, conectaremos tanto el neutro como el conductor de protección a tierra, y las masas y demás elementos metálicos importantes irán conectados al conductor de protección.

### 7.2. Centro de Transformación

El Centro de Transformación estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad y donde estará colocado el transformador.

El transformador que utilizaremos estará bañado en aceite y será de los de “llenado completo”, con su rejilla apagallamas y su foso de recogida de aceite, ya que en este caso no nos supondrá un problema para el piso inferior, ya que no existe.

### 7.3. Compensación de la reactiva

Para compensar la energía reactiva nos hemos decidido por la compensación global mediante batería de condensadores con tiristores ya que aunque es más cara creemos que es más conveniente para la empresa.



## 7.4. Acometida

La acometida es la parte de la instalación de distribución que alimenta al transformador.

La acometida se ubica en una canalización enterrada bajo tubo, siendo una red subterránea de baja tensión de manera que se rige por la ITC-REBT 07. El elemento de la instalación eléctrica de la acometida tendrá un diámetro de tubo de 180 mm, a lo largo de una zanja excavada con este propósito.

La profundidad a la que se instalarán los conductores será como mínimo de 0.8 metros de profundidad. Se dispondrá de una capa de arena de unos 10 cm de espesor. Encima de la arena se dispondrán de unas placas de plástico que distarán 25 cm como mínimo de la parte superior del cable. En la parte superior de estas capas se colocarán unas cintas de señalización.

En los puntos con cambios de dirección bruscos se dispondrá de arquetas, para facilitar la manipulación de los cables.

## 7.5. Derivación Individual

Es la parte de protección que a partir del Centro de Transformación suministra energía eléctrica a la actividad industrial.

Equipado con fusibles de seguridad, la derivación individual empieza en el Centro de Transformación, en el mismo Transformador. La derivación individual de la nave industrial estará constituida por conductores aislados en el interior de canalización enterrada bajo tubo de 180 mm de diámetro, con entrada y salida, dejándose un tubo de iguales características de reserva, tal y como marca la ITC-REBT 15, a una profundidad de 0.8 metros.

Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme. Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares.

En la instalación eléctrica proyectada se instalarán conductores de las siguientes características:

Tensión de servicio 400V, conductores unipolares de 300 mm<sup>2</sup>, tensión de aislamiento asignada 0.6/1KV, siendo de aislamiento de RZ1-K(AS) no propagador de incendios y emisión de humos y opacidad reducida, T<sup>a</sup> máxima en servicio permanente de 90°C. La intensidad máxima admisible por estos conductores es de 620 A.





## 7.6. Descripción de la instalación interior

### 7.6.1. Cuadro de protección general

Se denomina así al armario que alberga los elementos de protección de las instalaciones particulares del abonado. En él se colocan las protecciones generales contra sobrecargas y cortocircuitos, y contra contactos indirectos, de acuerdo con lo representado en el Esquema Unifilar de planos. En concreto protegerá las líneas: que alimentan a tres cuadros secundarios, y una línea a cargadores de baterías. El cuadro se ha colocado en el interior de la nave, en el cerramiento próximo a los contadores.

Contiene los siguientes elementos (uno en caja moldeada y el resto modulares):

- Interruptor General de corte omnipolar de 400 A, 22 KA de poder de corte y 4 polos.
- Relé Vigirex.
- Toroidal.
- Bobina.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/160 A, modular.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/100 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/250 A.

La ocupación de elementos modulares es de 18 (18 mm). Se colocará un armario metálico de superficie para 48 módulos (18 mm), en 2 filas para todo tipo de conexión y una placa para interruptor general de caja moldeada en colocación horizontal (altura: 4 módulos de 50 mm). De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 160%. Se rotulará claramente de modo que pueda identificarse cada protección con su máquina correspondiente.

### 7.6.2. Cuadros secundarios

Desde el Cuadro General se alimentará a varios cuadros secundarios. Se rotularán de modo que pueda identificarse cada protección con su circuito o máquina.

#### 7.6.2.1. Cuadro secundario 1: Mantenimiento

Se sitúa en la zona de Taller. Servirá para proteger la línea que alimentan el Cuadro Secundario 4, tres líneas de cuadros de Tomas de Corriente, dos líneas a sendos puentes grúa, cuatro líneas a aerotermos, línea a puerta exterior, a portero,



alarma, cuadro de aire acondicionado y todas las líneas de iluminación de taller y exterior.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor seccionador 160 A, 22 KA, 4 polos.
- Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 63 A y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 63 A y 30 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A y 30 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A y 30 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/63 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/40 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/10 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 6 KA curva C/10 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/10 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva B/10 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/6 A.
- Contactor tipo AC5, 25 A, 230/240 V CA.
- Idem de 16 A.
- Telerruptor 32 A, 2 polos, 230V.
- Reloj interruptor horario con programación diario y/o semanal.

Se colocará un armario metálico de superficie para 168 módulos (18 mm), en 7 filas para conexión por peines o cable a cable, y una placa para interruptor seccionador de caja moldeada en colocación vertical (altura: 4 módulos de 50 mm).

De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 20%.

#### **7.6.2.2. Cuadro secundario 2: Oficinas**

Se sitúa en el Almacén de repuestos, junto a la escalera de oficinas. Servirá para proteger la línea que alimenta al ascensor, 3 líneas de Tomas de Corriente, 2 líneas de tomas informáticas, 9 líneas de iluminación, 5 líneas de emergencia, línea de Toma de Corriente de cocina, línea de alimentación a cocina, línea de lavaplatos y línea de persiana y vídeo portero.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor seccionador 100 A, 10 KA, 4 polos.
- Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad.



- Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A. y 30 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 10 KA curva C/10 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/63 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/32 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/30 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/25 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/20 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/16 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva B/16 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/10 A.

Se colocará un armario metálico de superficie para 96 módulos (18 mm), en 4 filas para conexión por peines o cable a cable. De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 30%.

### 7.6.2.3. Cuadro secundario 3: Maquinaria

Se sitúa en el Taller. Servirá para proteger los circuitos de alimentación a 9 máquinas y 2 puertas motorizadas.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor seccionador 250 A, 22 KA, 4 polos.
- Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 63 A. y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/63 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva D/30 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/16 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/10 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 22 KA curva B/16 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 10 KA curva C/10 A.

Se colocará un armario modular de material aislante autoextinguible, de superficie para 98 módulos (18 mm), en 4 filas, permitiendo así un futuro aumento de un 45%.

### 7.6.2.4. Cuadro Secundario 4: Almacén

Se sitúa en el Almacén de Carretillas. Se alimenta desde el Cuadro Secundario 1 y servirá para proteger y maniobrar los circuitos de iluminación interior y



protección de líneas de puertas motorizadas así como de Cuadros de Tomas de corriente.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor seccionador 40 A, 22 KA, 4 polos.
- Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A. y 30 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 3 KA curva C/40 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 3 KA curva C/10 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 3 KA curva C/10 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 3 KA curva C/6 A.
- Telerruptor 32 A, 2 polos, 230V

Se colocará un armario metálico modular de superficie, para 48 módulos (18 mm), en 3 filas, permitiendo así un futuro aumento de un 25%.

#### 7.6.2.5. 33 Cuadros Tomas de Corriente

En estos cuadros se colocarán Tomas de Corriente para maquinaria portátil. Se prepara, además, para la posibilidad de alimentación a iluminación individual. Se alimenta con 4 circuitos.

Cada cuadro se compone de los siguientes elementos:

- Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A. y 30 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 3 polos 3 KA curva C/20 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 1+N polos 3 KA curva C/20 A.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 1+N polos 6 KA curva C/10 A.
- 1 Toma de Corriente industrial 16 A, III+N+TT, IP-44, con tapa color rojo.
- 2 Tomas de Corriente industriales 16 A, I+N+TT, IP-44, con tapa color azul.

### 7.6.3. Distribución de los circuitos principales

#### 7.6.3.1. Secciones

Secciones de los distintos conductores que parten de los cuadros, tanto del C.G.P. como de los demás cuadros secundarios:

LÍNEA	CONDUCTOR	NEUTRO	C.P.	DESIGNACIÓN
DI2	300	150	No	3x300+1x150



C.S.1	95	95	50	4x95+1G50
C.S.2	50	50	25	4x50+1G25
C.S.3	185	95	95	3x95+2G50
1	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
2	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
3	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
4	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
5	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
6	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
7	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
8	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
9	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
10	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
11	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
12	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
13	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
14	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
15	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
16	16	16	16	3G16
17	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
18	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
19	25	25	16	2x25+1G16
20	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
21	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
22	6	6	6	3G6
23	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
24	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
25	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
26	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
27	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
28	10	10	10	5G10
29	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
30	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
31	10	10	10	5G10
32	10	10	10	5G10
33	10	10	10	5G10
34	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
35	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
36	16	16	16	3G16
37	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
38	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4



39	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
40	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
41	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
42	25	25	16	2x25+1G16
43	10	10	10	5G10
44	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
45	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
46	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
47	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
48	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
49	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
50	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
51	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
52	6	6	6	3G6
53	4	4	4	3G4
54	25	25	16	4x25+1G16
55	10	10	10	5G10
56	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
57	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
58	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
59	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
60	4	4	4	5G4
61	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
62	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
63	6	6	6	3G6
64	10	10	10	5G10
65	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
66	6	6	6	5G6
67	6	6	6	5G6
68	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
69	10	10	10	5G10
70	10	10	10	5G10
71	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4

Todas las secciones se justifican en el capítulo de Cálculos. Se han elegido teniendo en cuenta la intensidad máxima que en ellos va a circular, y además respetando que las caídas de tensión en los circuitos de fuerza y alumbrado sean inferiores al 5 y 3% respectivamente.



### 7.6.3.2. Conductores-Instalación

Líneas de Superficie en Taller: se colocarán sobre bandeja metálica a una altura mínima de 2.5 metros. Los conductores serán de cobre con aislamiento de PVC, tensión nominal de 1000 V. Las líneas que bajan desde la bandeja a cuadros de Tomas de Corriente o a máquinas se protegerán con tubo metálico en alturas inferiores a 2.5 metros.

También se utilizará este tipo de conductores para las líneas que alimentan la iluminación de exposición, taller y recepción.

El conductor neutro tendrá, como mínimo, la sección que a continuación se especifica según la MIE-BT 003 punto 7:

- a. En distribuciones monofásicas o de corriente continua:
  - a dos hilos: igual a la del conductor de fase o polar,
  - a tres hilos: hasta 10 milímetros cuadrados de cobre o 16 milímetros cuadrados de aluminio, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones superiores mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 milímetros cuadrados para el cobre y 16 milímetros cuadrados para el aluminio.
- b. En distribuciones trifásicas:
  - a dos hilos (fase y neutro): igual a la del conductor de fase.
  - a tres hilos (dos fases y neutro): igual a la sección de los conductores de fase.
  - a cuatro hilos (tres fases y neutro): hasta 10 milímetros cuadrados de cobre o 16 milímetros cuadrados de aluminio, igual a la sección de los conductores de fase: para secciones superiores mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 milímetros cuadrados para el cobre y 16 milímetros cuadrados para el aluminio.

La máxima intensidad admisible de cada línea está indicada en la instrucción MIE-BT 004 punto 3.1.

Líneas de Oficinas: se colocarán en falsos techos y rozas de paredes. En el caso de oficinas en planta baja de exposición, también en suelo bajo tubo de PVC flexible. Los conductores serán de cobre flexible con aislamiento de PVC, tensión nominal de 750 V (H07V-K).

La máxima intensidad admisible de cada línea está indicada en la instrucción MIE-BT 017 punto 2.1.3.

Todo empalme o derivación se realizará en el interior de cajas de registro con bornas o conectores apropiados a las secciones empleadas.

La protección contra contactos directos se garantizará debido al tipo de instalación y materiales empleados.

Como protección contra contactos indirectos se empleará la puesta a tierra de los receptores, mediante el conductor de protección, e interruptores diferenciales.

La distribución de conductores a receptores monofásicos se realizará de modo que las tres fases queden lo más equilibradas posibles.

#### 7.6.4. Tipo de lámparas y luminarias

Las luminarias y lámparas que instalemos serán de la marca Philips y dependerán de donde estén situadas.

##### 7.6.4.1. Taller y almacén de carretillas

Para el alumbrado del taller y del almacén de carretillas utilizaremos un sistema directo, así, entre el 90 y el 100% del flujo luminoso se dirige a la superficie a iluminar, siendo más económico y de más rendimiento.

La distribución de la luz en la superficie a iluminar será uniforme, es decir, repartida en todas las zonas con idénticas condiciones.

El tipo de lámpara que vamos a utilizar es una MASTER HPI Plus 400W/745 BU-P E40 de halogenuros metálicos con envoltura de cristal opalizado. Tiene 400W, un flujo lumínico de 42700 lúmenes, una reproducción cromática del 69% y una eficacia luminosa de 82 lm/W.



La luminaria que utilizaremos para albergar la lámpara será la CABANA HPK150. Esta luminaria protegerá a las lámparas contra posibles gotas de agua con un grado de protección IP65.



##### 7.6.4.2. Almacén de repuestos y Centro de Transformación

Para el alumbrado del almacén de repuestos utilizaremos un sistema directo, así, entre el 90 y el 100% del flujo luminoso se dirige a la superficie a iluminar, siendo más económico y de más rendimiento.

La distribución de la luz en la superficie a iluminar será uniforme, es decir, repartida en todas las zonas con idénticas condiciones.

El tipo de lámpara y luminaria que vamos a utilizar es una OPK-TCW060 2xTL-D 58w HF fluorescente. Tiene 58W, un flujo lumínico de 5200 lúmenes, una reproducción cromática del 85% y una eficacia luminosa de 89 lm/W. Estos



aparatos irán fijados directamente en el techo y tendrán un grado de protección IP65.



#### 7.6.4.3. Oficinas, comedor y vestuarios.

Para el alumbrado las oficinas, del comedor y de los vestuarios utilizaremos un sistema directo, así, entre el 90 y el 100% del flujo luminoso se dirige a la superficie a iluminar, siendo más económico y de más rendimiento.

La distribución de la luz en la superficie a iluminar será uniforme, es decir, repartida en todas las zonas con idénticas condiciones.

El tipo de lámpara y luminaria que vamos a utilizar es una TPS350 4xTL5-54w/840 HFD WB fluorescente. Tiene 54W, un flujo lumínico de 4450 lúmenes, una reproducción cromática del 85% y una eficacia luminosa de 82 lm/W. Estos aparatos irán empotrados en el techo y tendrán un grado de protección IP65.



#### 7.6.4.4. Baños

Para el alumbrado los baños utilizaremos un sistema directo, así, entre el 90 y el 100% del flujo luminoso se dirige a la superficie a iluminar, siendo más económico y de más rendimiento.

La distribución de la luz en la superficie a iluminar será uniforme, es decir, repartida en todas las zonas con idénticas condiciones.

El tipo de lámpara y luminaria que vamos a utilizar para los baños será distinto que para el de las duchas. El del baño es un Downlights 2x26 Portalámparas G24-d3. Tiene 26W, mientras que el de las duchas es un Downlights 2x18 estanco. Ambas luminarias irán empotradas en el techo.

**Downlight 2x26w****Downlight estanco 2x18w**

### 7.6.5. Alumbrados especiales

Se ha previsto un alumbrado de emergencia y señalización, para que en el caso de fallo de corriente o disminución de la tensión en un 70%, entre en funcionamiento, señalando de modo permanente la situación de pasillos, puertas, escaleras y salidas, con una autonomía de una hora.

Los circuitos eléctricos de estos aparatos se tomarán directamente de los propios de alumbrado de cada zona donde están instalados, protegiéndose con magnetotérmicos bipolares de 10 A, y cableándose con conductores de 1.5 mm<sup>2</sup>. Se debe prever que en una misma línea no se alimenten más de 12 puntos de luz. Esta solución se adopta con la finalidad de que, si por alguna causa, se dispara el Magnetotérmico de la zona correspondiente, se encienda el alumbrado de emergencia correspondiente a dicho sector.

Llevarán marcadas etiquetas de señalización con rótulos de Salida y Flechas indicativas de las direcciones a seguir en caso de ubicación del local.

Se colocarán un total de 42 aparatos con los lúmenes señalados en el plano. En caso de fallo de suministro se podrá desalojar el local con facilidad y cumpliéndose que la iluminación en ese caso es como mínimo de 5 lux.

### 7.7. Instalaciones en cuartos de baño

Se ha tenido en cuenta la clasificación de volúmenes especificadas en la ITC-REBT 27:

#### Volumen 0

Comprende el interior de la bañera o ducha.



En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal situado a 0,05 m por encima del suelo. En este caso:

- a. Si el difusor de la ducha puede desplazarse durante su uso, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m alrededor de la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o
- b. Si el difusor de la ducha es fijo, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 0,6 m alrededor del difusor.

### Volumen 1

Está limitado por:

- a. El plano horizontal superior al volumen 0 y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo, y
- b. El plano vertical alrededor de la bañera o ducha y que incluye el espacio por debajo de los mismos, cuanto este espacio es accesible sin el uso de una herramienta; o
  - o Para una ducha sin plato con un difusor que puede desplazarse durante su uso, el volumen 1 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m desde la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o
  - o Para una ducha sin plato y con un rociador fijo, el volumen 1 está delimitado por la superficie generatriz vertical situada a un radio de 0,6 m alrededor del rociador.

### Volumen 2

Está limitado por:

- a. El plano vertical exterior al volumen 1 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y
  - b. El suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo
- Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 1 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 2.

### Volumen 3

Está limitado por:

- a. El plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 m; y
  - b. El suelo y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo
- Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 2 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 3.
- El volumen 3 comprende cualquier espacio por debajo de la bañera o ducha que sea accesible sólo mediante el uso de una herramienta siempre que el cierre de dicho volumen garantice una protección como mínimo IP X4. Esta clasificación no es aplicable al espacio situado por debajo de las bañeras de hidromasaje y cabinas.



En nuestro caso, sólo se han instalado interruptores, bases de enchufe y luminarias en el volumen 3.

Las canalizaciones metálicas de los servicios de suministro y desagües existentes y las masas metálicas de los aparatos sanitarios, las partes metálicas accesibles de la estructura del edificio, así como otras partes conductoras externas susceptibles de transferir tensiones se unirán entre sí realizando una conexión equipotencial la cual se unirá a su vez, al conductor de protección.

La conexión entre los distintos materiales que forman las partes metálicas y el cobre del conductor de protección se realizara a través de elementos especialmente diseñados para dicha función.

## 7.8. Protecciones

### 7.8.1. Contra sobrecargas y cortocircuitos

Se colocarán interruptores automáticos de intensidades nominales adecuadas para proteger contra sobrecargas y el poder de corte necesario para proteger contra cortocircuitos, tal y como se ha detallado en los cálculos.

### 7.8.2. Contra contactos indirectos

Se colocarán interruptores diferenciales y se pondrán a tierra las masas para proteger los contactos indirectos.

### 7.8.3. Tabla resumen de protecciones

			MAGNETOS			DIFERENCIALES		
Cuadro		Receptor	PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos
C.T.		Luz	10	6	C	10	30	2
C.T.		Luz E.	10	6	C			
C.T.		T.C.	10	6	C			
C.G.P.		C.S.3	22	250	C			
C.S.1.		Magneto CS1	22	160				
C.S.2.		Magneto CS2	10	100				
C.S.3.		Magneto CS3	22	250				
C.S.1	Encendido rápido	1	6	10	C	63	30	4
C.S.1	Encendido 1	2	6	10	C			
C.S.1	Encendido 2	3	6	10	C			

C.S.1	Encendido 3	4	6	10	C			
C.S.1	Encendido 4	5	6	10	C	40	30	4
C.S.1	Encendido 5	6	6	10	C			
C.S.1	Encendido 6	7	6	10	C			
C.S.1	Maniobra	8	6	6	C			
C.S.1	Letrero 1	9	6	10	C			
C.S.1	Letrero 2	10	6	10	C	63	30	4
C.S.1	Letrero 3	11	6	10	C			
C.S.1	Maniobra	12	6	6	C			
C.S.1	Iluminación farolas	13	6	10	C			
C.S.1	Focos exteriores	14	6	10	C	40	30	2
C.S.1	Maniobra	15	6	6	C			
C.S.2	Fluorescentes	16	6	32	C			
C.S.2	Emergencias 1	17	6	10				
C.S.2	Emergencias 2	18	6	10		40	30	2
C.S.2	Fluorescentes	19	6	63	C			
C.S.2	Emergencias 3	20	6	10				
C.S.2	Emergencias 4	21	6	10		40	30	2
C.S.2	Fluorescentes	22	6	30	C			
C.S.2	Emergencias 5	23	6	10				
C.S.4	Encendido 7	24	3	10	C	40	30	2
C.S.4	Encendido 8	25	3	10	C			
C.S.4	Encendido 9	26	3	10	C			
C.S.4	Maniobra	27	3	6	C			
C.S.1	Cuadro secundario 4	28	22	40	C			
C.S.1	Puente grúa 10 Tn	29	22	10	C	40	300	4
C.S.1	Puente grúa 5 Tn	30	22	10	C	40	300	4
C.S.1	11 Cuadros tomas de corriente	31	22	40	C			
C.S.1	12 Cuadros tomas de corriente	32	22	40	C			
C.S.1	7 Cuadros tomas de corriente	33	22	40	C			
C.S.1	Aerotermos	34	6	10	B	40	300	2
C.S.1	Aerotermos	35	6	10	C			
C.S.1	Aerotermos	36	6	10	C			

C.S.1	Aerotermos	37	6	10	C			
C.S.1	Puerta exterior	38	22	10	C			
C.S.1	Barrera	39	6	10	C	40	300	4
C.S.1	Portero	40	6	10	C			
C.S.1	Alarma	41	6	10	C			
C.S.1	Cuadro aire acondicionado	42	22	63	C	63	300	4
C.S.2	Cuadro ascensor	43	10	10	C	40	300	4
C.S.2	Persiana exterior	44	6	10	C	40	30	2
C.S.2	Video portero	45	6	10	C			
C.S.2	T.C. Planta baja	46	6	16	C			
C.S.2	T.C. Primera planta	47	6	16	B	40	300	2
C.S.2	T.C. Segunda planta	48	6	16	C			
C.S.2	T.C. Informática 1	49	6	16	C	40	300	2
C.S.2	T.C. Informática 2	50	6	16	C			
C.S.2	T.C. Zona cocina	51	6	16	C	40	300	2
C.S.2	Cocina	52	6	25	C			
C.S.2	Lavaplatos	53	6	20	C			
C.S.3	Compresor	54	22	63	C	63	300	4
C.S.3	Torno	55	22	10	C			
C.S.3	Prensa	56	22	10	C	40	300	4
C.S.3	Taladro	57	22	10	C			
C.S.3	Sierra	58	22	10	C			
C.S.3	Máquina de lavado a presión	59	22	16	C	40	300	4
C.S.3	Soldadura móvil	60	22	16	B			
C.S.3	Extractor de humos	61	22	10	C	40	300	4
C.S.3	Cuadro pintura y lavado	62	22	10	C	40	300	4
C.S.3	Puerta rápida	63	10	10	C			
C.S.3	Puerta seccionable	64	22	10	C	40	300	4
C.S.3	Cargador de baterías 1	65	22	10	C			
C.S.3	Cargador de baterías 2	66	22	30	C	40	300	4



C.S.3	Cargador de baterías 3	67	22	30	C			
C.S.3	Extractor cabinas	68	22	10	C	40	300	4
C.S.4	3 Cuadros toma de corriente	69	3	40	C			
C.S.4	Puerta seccionable interior	70	3	40	C			
C.S.4	Puerta seccionable exterior	71	3	10	C	40	300	4
C.S.4.	C.S.4.		22	40	C			
C. T.C.	Cuadros toma corriente1		3	20				
C. T.C.	Cuadros toma corriente2		3	20		40	300	4
C. T.C.	Iluminación		6	10		40	30	2

## 7.9. Tierra

Se cumplirá la instrucción del REBT-18 “Instalaciones de puesta a tierra”.

Las puestas a tierra se establecen con el objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra puedan presentar, en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado. De forma que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 voltios.

Se establece un sistema de Puesta a Tierra, tipo TN-S, a la que se conectan, los enchufes eléctricos y masas metálicas de maquinaria e instalaciones, las instalaciones de fontanería y en general, todo elemento metálico importante.

El sistema de Puesta a Tierra consta de las siguientes partes:

- Toma de tierra, se realizará a partir de la tierra general de la nave, a la cual se ha enganchado desde el C.G.P. La tierra estará formada por conductor directamente enterrado en anillo según el perímetro de la nave, de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> con cinco picas (mínimo) de acero galvanizado (en los vértices) de 16 mm de diámetro y 1.4 metros de longitud con arquetas de ladrillo. La conexión entre el conductor de cobre en anillo y las picas se realizará mediante soldadura de alto poder de fusión (soldadura aluminotérmica). El conductor se establecerá alrededor de la nave y en el interior de algunos espacios a una profundidad de 0.8 metros. La resistencia de la Tierra no será en ningún caso superior a 10 Ω. Deberá ser medida y verificada una vez finalizada la instalación y antes de ser puesta en marcha, tomando medidas correctoras en caso de superar el valor mínimo.



- Derivación de la línea principal de tierra, desde el Cuadro General de Protección. El conductor utilizado será de cobre de  $35 \text{ mm}^2$  de sección. Se colocará en arqueta registrable por punto de puesta a tierra y puente de prueba.
- Conductores de Protección, desde el Cuadro General de Protección se tenderá un conductor de protección para cada circuito, que se unirá a la Principal de Tierra. Este conductor será de cobre 750 V, de color amarillo-verde y tendrá una sección igual al conductor de fase para secciones de fase menores o iguales que  $16 \text{ mm}^2$ , de  $16 \text{ mm}^2$  para secciones de fase entre  $16$  y  $35 \text{ mm}^2$  y la mitad de la fase para conductores de sección mayor que  $35 \text{ mm}^2$ , tal y como se establece en la ITC-REBT-18 tabla 2.

Elementos que constituyen las tomas de tierra:

- Electrodo: masa metálica, en contacto permanente con el terreno.
- Línea de enlace con tierra: formada por los conductores que unen los electrodos con los puntos de puesta a tierra.
- Punto de puesta a tierra: punto situado fuera del suelo, que une la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. Puede ser uno o varios, según la instalación.
- Línea principal de tierra: formada por el conductor que parte del punto o puntos de tierra, y a los que estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas mediante los conductores de protección.
- Conductores de protección: son los que unen eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos. En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas de la línea principal.

#### 7.10. Potencia y tarifa contratada

La potencia que contrataremos para la nave industrial nos limita la intensidad que nos va a dar el centro de transformación, y como éste puede dar más de dicho valor, lo que tendremos que realizar es el cálculo de alguna protección para no sobrepasar el consumo. Así pues, según el capítulo de cálculos, la intensidad límite para no sufrir recargos en nuestra factura es de 318 A, por lo que instalaremos un magnetotérmico regulado que no nos permita más de dicho consumo en intervalos de 15 minutos.

Este intervalo de tiempo se debe a que vamos a contratar la facturación mediante el método de 1 maxímetro, y como ya se ha explicado en el apartado 6.4.1. este aparato realiza integrales de consumo en intervalos de 15 minutos, y el valor obtenido no debe ser superior al contratado multiplicado por 1.05.

Con este tipo de facturación, como vemos en apartados anteriores, no tenemos necesidad de escoger tipo de tarifa.





## **7.11. Centro de Transformación**

### **7.11.1. Objeto del proyecto**

El objeto del presente proyecto es especificar las condiciones técnicas y de ejecución de un centro de transformación de características normalizadas cuyo fin es suministrar energía eléctrica en baja tensión a una nave industrial.

### **7.11.2. Reglamentación y disposiciones oficiales**

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de IBERDROLA.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

### **7.11.3. Emplazamiento**

El centro de transformación se encuentra situado en la parte delantera de la nave industrial, más concretamente en la parte izquierda. Su acceso está también en el exterior de la nave, y para acceder a él hay que pasar una verja de protección para evitar que se pueda entrar en el terreno del Centro de Transformación.

### **7.11.4. Características generales del Centro de Transformación**

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica según norma UNE-20.099.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de electricidad se efectuará a una tensión de servicio de 13.2 KV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.



#### 7.11.4.1. Celda SM6

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparallaje fijo que utiliza el **hexafluoruro de azufre** como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099.

Las celdas diferenciadas serán las siguientes:

- Celda de remonte.
- Celda de protección.
- Celda de medida.

#### 7.11.5. Necesidades y potencia instalada

El conductor de la Derivación individual estará previsto para poder soportar la corriente máxima que el Centro de Transformación sea capaz de dar en baja tensión. De esta misma forma estarán dimensionadas las protecciones de la entrada del cuadro C.G.P.

Esta forma de dimensionado se realiza por si fuese necesario una futura ampliación de la potencia demandada por la empresa. Actualmente la potencia necesaria por la empresa será de **226871.44 VA**, como se detalla en el tomo de cálculos en el apartado “3.2 Potencia de la instalación”.

Así pues, el transformador que hemos creído conveniente instalar es un transformador Ormazábal de 400 KVA.

$$\begin{aligned}
 S &= 400 \text{ KVA} \\
 V &= 400 \text{ V} \\
 I_{\text{Secundario}} &= \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = 577.35 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Dicha corriente llegará a la nave industrial por medio de la Derivación Individual de 16.5 m y conductor de 300 mm<sup>2</sup> por fase, siendo el neutro la mitad que las secciones de los conductores de fase, es decir, 150 mm<sup>2</sup>.

Si miramos cual es el porcentaje de caída de tensión en la Derivación Individual obtenemos:

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{I_{\text{Secundario}} \times \cos\varphi \times \sqrt{3} \times L}{C \times S} = \frac{577.35 \times 0.97 \times \sqrt{3} \times 16.5}{56 \times 300} = 0.9526 \text{ V} \\
 e(\%) &= \frac{e}{V} \times 100 = \frac{0.9526}{400} \times 100 = 0.2382\% < 1.5\% \text{ permitido}
 \end{aligned}$$



### **7.11.6. Obra civil**

#### **7.11.6.1. Local**

El Centro estará ubicado en una caseta al lado de la nave destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-5T1D con una puerta peatonal de Merlin Gerin, de dimensiones 5.4x6.6 y altura útil 3.2 m., cuyas características se describen en el siguiente apartado de esta memoria.

El acceso al C.T. estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. El acceso se realizará únicamente por la parte exterior de la nave, no pudiendo acceder al centro desde el interior de la nave. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

#### **7.11.6.2. Características del local**

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHC de Merlin Gerin.

Las características más destacadas del prefabricado de la serie EHC serán:

#### **COMPACIDAD**

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supone obtener calidad de origen, reducción del tiempo de instalación y la posibilidad de posteriores traslados.

#### **FACILIDAD DE INSTALACIÓN**

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación. Las dimensiones exteriores del centro son de 5.4 x 6.6 x 3.2 m. La superficie del centro es de 35 m<sup>2</sup>. La profundidad de la excavación para el montaje del centro es de 0.7 m, teniendo en cuenta que se debe realizar el foso para la posible recogida de aceite en caso de producirse alguna ruptura y la instalación de la tierra de protección.

#### **MATERIAL**

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se



conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilización.

Los paneles que forman la envolvente están compuestos de hormigón vibrado, estando las armaduras del hormigón unidas entre si y al colector de tierras, y las puertas y rejillas presentan una resistencia de 10000  $\Omega$  respecto a la tierra de la envolvente.

El acabado estándar del centro se realiza con poliuretano, de color blanco en las paredes, y color marrón en techos, puertas y rejillas.

### EQUIPOTENCIALIDAD

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10000  $\Omega$ .

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

### IMPERMEABILIDAD

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

### GRADOS DE PROTECCIÓN

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP339.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

- Envolvente:
  - La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.
  - La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.
  - En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.



- Suelos:
  - Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.
- Cuba de recogida de aceite:
  - La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad de 350 litros, estando así diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.
  - En la parte superior irá dispuesta una rejilla apagafuegos de acero galvanizado perforada y además para mayor seguridad, irá cubierta por grava.
- Puertas y rejillas de ventilación:
  - Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.
  - Las puertas se pueden abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

#### **7.11.7. Instalación eléctrica**

##### **7.11.7.1. Características de la red de alimentación**

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo aéreo a una tensión de 13.2 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

##### **7.11.7.2. Características de la aparamenta de Alta Tensión**

#### **CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS SM6**

- |  |               |
|--|---------------|
| - Tensión asignada:                                      | 24 KV.        |
| - Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra: |               |
| a) frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto:              | 50 KV ef.     |
| A impulso tipo rayo:                                     | 125KV cresta. |
| - Intensidad asignada en funciones de línea:             | 400 A.        |



- Intensidad asignada en ruptofusibles 200 A.
- Intensidad nominal admisible de corta duración:  
Durante un segundo 16 KA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible:  
40 KA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324-94.
- Puesta a tierra: el conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE 20.099, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.
- Embarrado: el embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

### CELDA DE REMONTE (CMR)

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador de tres posiciones gama SM6, modelo SIM16, permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente nominal, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión.

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 KV y 16 KA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm<sup>2</sup>.

### Características eléctricas:

-Tensión nominal	24 KV
-Intensidad nominal	400 A
-Intensidad de corta duración (3s)	16 KA
-Nivel de aislamientos	
Frecuencia industrial (1 m)	
A tierra y entre fases	50 KV
A la distancia de seccionamiento	60 KV



Impulso tipo rayo	
A tierra y entre fases	125 KV
A la distancia de seccionamiento	145 KV
-Capacidad de cierre	40 KA
-Capacidad de corte	
Corriente principalmente activa	400 A
Corriente capacitiva	31.5 A
Corriente inductiva	16 A
Falta a tierra	63 A

### CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES (CMPF)

Celda Merlin Gerin de protección con fusibles, que contiene un interruptor y la protección con fusibles.

#### Características eléctricas:

-Tensión nominal	24 KV
-Intensidad nominal embarrado	400/630 A
-Intensidad nominal salida del transformador	200 A
-Intensidad de corta duración (3s)	16 KA
-Nivel de aislamientos	
Frecuencia industrial (1 m)	
A tierra y entre fases	50 KV
A la distancia de seccionamiento	60 KV
Impulso tipo rayo	
A tierra y entre fases	125 KV
A la distancia de seccionamiento	145 KV
-Capacidad de corte	
Corriente principalmente activa	400/630 A
Corriente capacitiva	31,5 A
Corriente inductiva	16 A
Falta a tierra	63 A
-Capacidad de ruptura combinación interruptor-fusibles	20 KA
-Corriente de transferencia (CEI 420)	600 A

### CELDA DE MEDIDA (CMM):

Celda Merlin Gerin de medida de tensión e intensidad con entrada inferior lateral por barras y salida inferior lateral por cables gama SM6, modelo SGBCC3316.



- Juegos de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 KV y 16 KA.
- Entrada lateral inferior izquierda por barras y salida inferior por cable.
- 3 Transformadores de intensidad de relación 20/5A, 15VA (pérdidas en el cableado y en los aparatos de medición), CL.0.5 (por tratarse de una utilización de facturación) y aislamiento 24kV.
- 3 Transformadores de tensión, unipolares, de relación  $F_t = 1.9 U_n$ , CL.0.5 (por tratarse de una utilización de facturación) y aislamiento 24kV.

El factor de tensión se determina por la tensión máxima de funcionamiento del transformador, que depende del régimen de neutro de la red y de las condiciones de puesta a tierra del devanado primario del transformador.

Cuando el transformador está conectado entre fase y tierra, el factor de tensión depende del régimen del neutro:

- $1,9 U_n$  durante 30 s, si la red es con neutro no efectivamente puesto a tierra, con eliminación automática del defecto.
- $1,9 U_n$  durante 8 h, si la red es con neutro aislado o esta compensada por una bobina de extinción, sin eliminación automática del defecto.

### TRANSFORMADOR

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13.2 KV y la tensión a la salida en vacío de 400V entre fases y 230V entre fases y neutro.

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (ONAN), marca Ormazábal, en baño de aceite mineral.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia nominal:	400 kVA.
- Tensión nominal primaria:	13.200 V.
- Regulación en el primario:	+2,5% +5% +7,5%
+10%.	
- Tensión nominal secundaria en vacío:	400 V.
- Tensión de cortocircuito:	4 %.
- Grupo de conexión:	Dyn11.
- Nivel de aislamiento:	
Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s	125 KV.
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min	50 KV.
-Rendimiento referido a 75° C	99 %
-Peso	410 kg





- Clase térmica B
- Temperatura ambiente 40° C
- Devanados clase H-180 G-2
- Refrigeración por aire natural
- Construidos según normas UNE 20-104 Y UNE 20-178, EN 60742 Y

IEC 742

### **7.11.7.3. Característica del material de Alta Tensión**

#### **EMBARRADO GENERAL CELDAS SM6**

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

#### **PIEZAS DE CONEXIÓN CELDAS SM6**

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2.8 m x da x N.

### **7.11.7.4. Características de la aparamenta de Baja Tensión**

Los aparatos de protección en las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación no forman parte de este proyecto sino del proyecto de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

#### **MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo PLA-753/AT-ID de dimensiones 750mm. de alto x 500mm de ancho y 320mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Regleta de verificación normalizada por la Compañía Suministradora.
- Contador de energía activa mediante maxímetro.
- Contador de energía reactiva mediante maxímetro.
- Reloj de conmutación de tarifas.



#### **7.11.7.5. Puesta a tierra**

##### TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas. Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

Nuestra tierra de protección se regirá por el código de UNESA 70-60/5/46. Apartado 5.6.3.1. de los cálculos.

##### TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida.

Nuestra tierra de protección se regirá por el código de UNESA 5/44. Apartado 5.6.3.2. de los cálculos.

##### TIERRAS INTERIORES

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

#### **7.11.7.6. Instalaciones secundarias**

##### ILUMINACIÓN

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la



comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Se ha decidido poner 4 OPK-TCW060 2xTL-D 58w HF fluorescente, de Philips. Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

### ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

Se colocarán 2 luminarias de emergencia y señalización de 60 Lm y 4 W.

### TOMAS DE CORRIENTE

Se colocarán 2 tomas de corriente monofásica.

### PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

De acuerdo con la instrucción MIERAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B de nieve carbónica, 5 kg.

### VENTILACIÓN

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la reja de entrada de aire en función de la potencia del mismo según se relaciona.

Estas rejas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

Potencia del transformador (KVA) = 400

Superficie de la reja mínima (m<sup>2</sup>) = 1.0525

Los cálculos de sección de la superficie mínima de la reja se encuentran en el apartado 5.4 del documento cálculos del presente proyecto.

### SEGURIDAD EN CELDAS SM6

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE 20.099, y que serán los siguientes:



- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### 8.1. Reglamento, normativas y libros

Para la realización del presente proyecto, la bibliografía consultada ha sido:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- 
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación. Colección de leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Manual del alumbrado Westinghouse. Ed. CIE Inversiones editoriales. 4ª Edición.
- Instalaciones eléctricas. Tomos I, II, III. Ed. Siemens Aktiengesellschaft 1989. Günter G. Seip.
- Puesta a tierra en edificios y en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.



- Lámparas eléctricas, sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado. Ed. CEAC 1987. José Remírez Vázquez.
- Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica S.A.U”.
- Canalizaciones, Materiales de alta y baja tensión y Centrales. Paul Hering
- Protecciones en las instalaciones eléctricas. Paulino Montané.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. Unesa. Febrero 1989.
- Los catálogos comerciales de los cuales a continuación adjunto copia.
- Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación. Alberto Guerrero Fernández. Ed Dossat 1978.

## 8.2. Páginas web de empresas

- [http://personal.us.es/pedroj/ASInfo\\_Comun/Trafo\\_Seco.pdf](http://personal.us.es/pedroj/ASInfo_Comun/Trafo_Seco.pdf) “ABB”.
- [http://www.alumbradoymedioambiente.es/pdf/es/tarifas\\_luminarias.pdf](http://www.alumbradoymedioambiente.es/pdf/es/tarifas_luminarias.pdf) “precios luminarias”.
- [http://www.lighting.philips.fr/pwc\\_li/fr\\_fr/connect/Assets/selectionguidelumiere.pdf](http://www.lighting.philips.fr/pwc_li/fr_fr/connect/Assets/selectionguidelumiere.pdf) “precios luminarias”.
- <http://www.sagelux.com> “precios similares de luminarias de emergencia”.
- <http://www.sonidosinfronteras.com/tienda-l/3.12/CARTELES-LUMINOSOS.html> “carteles luminosos”.
- <http://www.jung-catalogo.es> “enchufes, interruptores, tomas telefónicas,...”
- <http://www.safybox.com> “artículos para la puesta a tierra”.
- <http://www.erico.com/public/library/fep/LT0664.pdf> “información soldaduras”.



- [Catálogo ABB](#) “en formato de papel para cables, bandejas, interruptores automáticos tanto diferenciales como magnetotérmicos así como para los armarios”.
- [http://www.conservaenergia.com/empresas/empresas/ABB/archivos/Banco%20Aut.%20APC%20\(Esp\).pdf](http://www.conservaenergia.com/empresas/empresas/ABB/archivos/Banco%20Aut.%20APC%20(Esp).pdf) “batería de condensadores”.
- <http://www.acae.es> “precio luminarias distintas empresas”.
- <http://www.construmatica.com> “precio taburete aislante”.
- <http://www.ormazabal.com> “ORMAZÁBAL”.
- <http://www.schneiderelectric.es> “MERLIN GUERIN Celdas modulares con aislamiento integral en SF6”.
- <http://www.me-sa.es> “Fusibles limitadores de Media Tensión para celda de protección del transformador. MANUFACTURAS ELÉCTRICAS S.A (MESA)”.
- <http://www.eurlighting.philips.com> “PHILIPS”.

### 8.3. Otras direcciones web de interés:

- <http://www.energuia.com>
- <http://www.sercobe.es>
- <http://www.arqui.com>
- <http://www.procuno.com>
- <http://www.electroindustria.com>
- <http://bdd.unizar.es>
- <http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/jccm>
- <http://www.unesa.es>
- <http://www.iberdrola.es>
- <http://www.voltimum.es>

## 9. CONCLUSIÓN FINAL

Como conclusión final cabe decir que tras lo descrito en el presente documento MEMORIA y con los documentos CÁLCULOS, PLANOS y PRESUPUESTO, el proyecto quedará perfectamente definido y explicado.



PAMPLONA, 3 DE AGOSTO DE 2010

ÁLVARO ITOIZ DONAMARÍA



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

## DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Alumno: Álvaro Itoiz Donamaría

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 30 de Agosto de 2010





## ÍNDICE

### CÁLCULOS

pág.

1. Datos iniciales	5
2. Cálculo de la instalación de alumbrado	5
2.1. Pasos para el cálculo	5
2.2. Nivel de iluminación	6
2.3. Cálculo lumínico	8
2.3.1. Datos de partida	8
2.3.2. Fórmulas para el cálculo del flujo y de las luminarias	9
2.3.3. Cálculo de las zonas	10
2.3.3.1. Taller	10
2.3.3.2. Almacén de carretillas	11
2.3.3.3. Almacén de repuestos	11
2.3.3.4. Oficinas de planta baja	12
2.3.3.5. Oficinas de 1ª planta	12
2.3.3.6. Cocina y vestuarios	13
2.3.3.7. Oficinas 2ª planta	13
2.3.3.8. Centro de Transformación	14
2.3.3.9. Recepción	14
2.3.3.10. Locales sin estudio lumínico	14
3. Cálculos eléctricos de la instalación	15
3.1. Ordenación de los circuitos interiores	15
3.2. Potencia de la instalación	17
3.3. Potencia contratada	20
3.4. Cálculo de secciones	20
3.5. Cálculo de las protecciones magnetotérmicas	28
3.5.1. En cuadro C.G.P.	31
3.5.1.1. I.C.P.	31
3.5.1.2. Magnetotérmico para C.S.1.	31
3.5.1.3. Magnetotérmico para C.S.2.	33
3.5.1.4. Magnetotérmico para C.S.3.	33
3.5.2. En cuadro C.S.1.	34
3.5.2.1. Magnetotérmico para C.S.4.	34
3.5.2.2. Magnetotérmico para Puente grúa 10 Tn	34
3.5.2.3. Magnetotérmico para Puente grúa 5 Tn	35
3.5.2.4. Magnetotérmico para 11 cuadros T.C.	35
3.5.2.5. Magnetotérmico para 12 cuadros T.C.	36
3.5.2.6. Magnetotérmico para 7 cuadros T.C.	36
3.5.2.7. Magnetotérmico para Aerotermo 1	37
3.5.2.8. Magnetotérmico para Aerotermo 2	37
3.5.2.9. Magnetotérmico para Aerotermo 3	38



3.5.2.10.	Magnetotérmico para Aerotermo 4	38
3.5.2.11.	Magnetotérmico para Puerta exterior	39
3.5.2.12.	Magnetotérmico para Barrera	39
3.5.2.13.	Magnetotérmico para Portero	40
3.5.2.14.	Magnetotérmico para Alarma	40
3.5.2.15.	Magnetotérmico para Cuadro de aire acondicionado	41
3.5.2.16.	Magnetotérmico para Letrero 1	41
3.5.2.17.	Magnetotérmico para Letrero 2	42
3.5.2.18.	Magnetotérmico para Letrero 3	42
3.5.2.19.	Magnetotérmico para Maniobra	43
3.5.2.20.	Magnetotérmico para Focos exteriores	43
3.5.2.21.	Magnetotérmico para Iluminación farolas	44
3.5.2.22.	Magnetotérmico para Maniobra	44
3.5.2.23.	Magnetotérmico para Encendido rápido	45
3.5.2.24.	Magnetotérmico para Encendido 1	45
3.5.2.25.	Magnetotérmico para Encendido 2	46
3.5.2.26.	Magnetotérmico para Encendido 3	46
3.5.2.27.	Magnetotérmico para Encendido 4	47
3.5.2.28.	Magnetotérmico para Encendido 5	47
3.5.2.29.	Magnetotérmico para Encendido 6	48
3.5.2.30.	Magnetotérmico para Maniobra encendido	48
3.5.3.	En cuadro C.S.2.	49
3.5.3.1.	Magnetotérmico para Cuadro ascensor	49
3.5.3.2.	Magnetotérmico para Persiana exterior	50
3.5.3.3.	Magnetotérmico para Video portero	50
3.5.3.4.	Magnetotérmico para T. C. planta baja	51
3.5.3.5.	Magnetotérmico para T. C. primera planta	51
3.5.3.6.	Magnetotérmico para T. C. segunda planta	52
3.5.3.7.	Magnetotérmico para T. C. Informática 1	52
3.5.3.8.	Magnetotérmico para T. C. Informática 2	53
3.5.3.9.	Magnetotérmico para Fluorescentes planta baja	53
3.5.3.10.	Magnetotérmico para Emergencia 1	54
3.5.3.11.	Magnetotérmico para Emergencia 2	54
3.5.3.12.	Magnetotérmico para Fluorescentes primera planta	54
3.5.3.13.	Magnetotérmico para Emergencia 3	54
3.5.3.14.	Magnetotérmico para Emergencia 4	55
3.5.3.15.	Magnetotérmico para Fluorescentes segunda planta	55
3.5.3.16.	Magnetotérmico para Emergencia 5	55
3.5.3.17.	Magnetotérmico para T.C. zona cocina	56
3.5.3.18.	Magnetotérmico para Cocina	56
3.5.3.19.	Magnetotérmico para Lavaplatos	57
3.5.4.	En cuadro C.S.3.	57



3.5.4.1.	Magnetotérmico para Compresor	57
3.5.4.2.	Magnetotérmico para Torno	58
3.5.4.3.	Magnetotérmico para Prensa	58
3.5.4.4.	Magnetotérmico para Taladro	59
3.5.4.5.	Magnetotérmico para Sierra	59
3.5.4.6.	Magnetotérmico para Máquina de lavado a presión	60
3.5.4.7.	Magnetotérmico para Soldadura móvil	60
3.5.4.8.	Magnetotérmico para Extractor humos	61
3.5.4.9.	Magnetotérmico para Cuadro de pintura y lavado	61
3.5.4.10.	Magnetotérmico para Puerta rápida	62
3.5.4.11.	Magnetotérmico para Puerta seccionable	62
3.5.4.12.	Magnetotérmico para Cargador de baterías 1	63
3.5.4.13.	Magnetotérmico para Cargador de baterías 2	63
3.5.4.14.	Magnetotérmico para Cargador de baterías 3	64
3.5.4.15.	Magnetotérmico para Extractor cabinas	64
3.5.5.	En cuadro C.S.4.	65
3.5.5.1.	Magnetotérmico para C.S.4.	65
3.5.5.2.	Magnetotérmico para Encendido 7	65
3.5.5.3.	Magnetotérmico para Encendido 8	66
3.5.5.4.	Magnetotérmico para Encendido 9	66
3.5.5.5.	Magnetotérmico para Maniobra	67
3.5.5.6.	Magnetotérmico para 3 cuadros T. C.	67
3.5.5.7.	Magnetotérmico para Puerta seccionable interior	68
3.5.5.8.	Magnetotérmico para Puerta seccionable exterior	68
3.5.6.	En cuadro de tomas de corriente	69
3.5.6.1.	Magnetotérmico para Iluminación	69
3.5.6.2.	Magnetotérmico para T. C. trifásica	69
3.5.6.3.	Magnetotérmico para 2 T. C. monofásicas	69
3.5.7.	En Centro de Transformación	70
3.5.7.1.	Magnetotérmico para Iluminación	70
3.5.7.2.	Magnetotérmico para Iluminación de emergencia	70
3.5.7.3.	Magnetotérmico para Tomas de corriente	70
3.6.	Cálculo de las protecciones diferenciales	70
4.	Compensación de la reactiva	73
4.1.	Dimensiones de la batería	73
4.2.	Dimensiones de la conexión	74
5.	Cálculo del Centro de Transformación	74
5.1.	Datos del fabricante	74
5.1.1.	Intensidad en el primario y en el secundario	75
5.1.2.	Corriente de cortocircuito en el lado de Baja	75
5.2.	Dimensiones del embarrado	76



5.2.1. Celdas	76
5.2.2. Comprobación por densidad de corriente	76
5.2.3. Comprobación por sollicitación electrodinámica	77
5.2.4. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito	77
5.3. Protecciones de Alta y Baja Tensión	78
5.3.1. Alta Tensión	78
5.3.2. Baja Tensión	78
5.4. Dimensión de la ventilación del Centro de Transformación	78
5.5. Dimensión del pozo apagafuegos	79
5.6. Cálculo de la puesta a tierra	79
5.6.1. Terreno	79
5.6.2. Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes	80
5.6.3. Diseño de la instalación de tierra	80
5.6.3.1. Tierra de protección	81
5.6.3.2. Tierra de servicio	81
5.6.4. Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra	83
5.6.4.1. Tierra de protección	83
5.6.4.2. Tierra de servicio	84
5.6.5. Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación	84
5.6.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación	85
5.6.7. Cálculo de las tensiones máximas aplicadas	85
5.6.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior	86
5.6.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo	86
6. Cálculo de la puesta a tierra	86
6.1. Red de tierras	87
7. Resumen secciones y protecciones	88



# CÁLCULOS

## 1. Datos iniciales

La empresa pretende implantar una nave por necesidad de un mayor espacio para el desarrollo de su actividad por el cual se desarrolla este proyecto. La empresa se va a situar en el polígono Arazuri-Orkoien. Situación y dimensiones de la nave que se va a construir.

Se nos ha encargado la ejecución del dimensionado del conjunto de instalaciones según los datos de la producción y los distintos equipos que necesitan para ella.

Cálculos eléctricos:

Para la determinación de la instalación eléctrica a implantar, se parte de las demandas de potencia que una actividad de este tipo precisa. A partir del análisis de los receptores eléctricos que conformarán la instalación, se precisa la potencia necesaria para cada receptor, a partir de la cual se calcularán, intensidades y caídas de tensión con lo que poder comprobar si, las secciones y el calibre de las protecciones, se ajustan a las especificaciones del reglamento. A partir del análisis de la potencia global de la instalación, así como la potencia parcial de cada grupo de receptores en cada subcuadro eléctrico, se podrá dimensionar las necesidades en cuanto a compensación de energía reactiva. Con la potencia total a instalar estudiaremos las tarifas a contratar más económicas para la propiedad, el cálculo del transformador y sus celdas a instalar en el centro de transformación ubicado en el interior de la nave.

También realizaremos el cálculo lumínico de las zonas más importantes, y así poder disminuir al máximo el consumo eléctrico y obtener espacios con una iluminación adecuada al trabajo y que no comporten riesgos de accidente.

En primer lugar a la hora de calcular los diversos aspectos de la instalación lo que haremos será en primer lugar definir las fórmulas que utilizaremos, así como las variables y después calcularemos un ejemplo y el resto irá de forma resumida en tablas.

## 2. Cálculo de la instalación de alumbrado

### 2.1. Pasos para el cálculo

El proceso de cálculo del sistema de iluminación seguirá los siguientes pasos:

1. Determinar el nivel de iluminación, el índice unificado de deslumbramiento, el índice de rendimiento de color de la luz y el plano de trabajo.
2. Elección del tipo de lámpara.
3. Elección del sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado.
4. Cálculo de la distribución y del número de luminarias

Se adopta como plano de trabajo, una superficie situada a 0.85 metros del suelo en las zonas de trabajo en mesa, y de 0.5 en las zonas de trabajo con maquinaria.



## 2.2. Nivel de iluminación

La iluminación de los lugares de trabajo permitirá a los empleados que tengan una visibilidad adecuada para poder desarrollar las actividades sin riesgo para su seguridad y salud.

En el Real Decreto 486/1997 se incluye una tabla detallada con los niveles mínimos de luz recomendados para diferentes actividades y tareas:

### ANEXO IV.

#### Iluminación de los lugares de trabajo.

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
  - a. Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
  - b. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1) Bajas exigencias visuales	100
2) Exigencias visuales moderadas	200
3) Exigencias visuales altas	500
4) Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

(\*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a. En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.



- b. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
- Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.

5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.

6. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Cuartos de aseo	100	150	200
Cocinas	100	150	200



Al observar estas tablas, los niveles de iluminancia que utilizaremos para nuestros cálculos serán los siguientes:

Local	Iluminancia (lux)
Oficinas	750
Cocina y comedor	200
Taller	200
Almacén	400

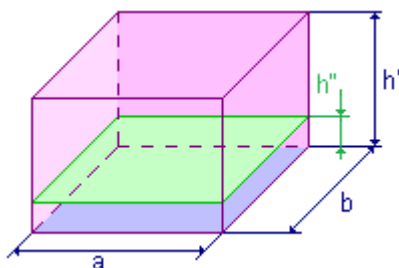
### 2.3. Cálculo lumínico

Lo primero que vamos a realizar es la explicación de cómo se realiza el cálculo por el método de los lúmenes, y a continuación realizaremos un ejemplo y los cálculos para cada una de las zonas de nuestra nave industrial. El primer ejemplo lo desarrollamos paso a paso, y los siguientes, expondremos los resultados obtenidos de la elaboración de una tabla Excel introduciéndole los datos.

#### 2.3.1. Datos de partida

Al utilizar este sistema y realizar tantas aproximaciones los cálculos no nos salen exactos, pero si cercanos. No obstante, se observa mejor la distribución en los planos.

- Debemos conocer las dimensiones del local y del plano de trabajo, que depende de la actividad que realicemos, como se ha visto en un apartado anterior.



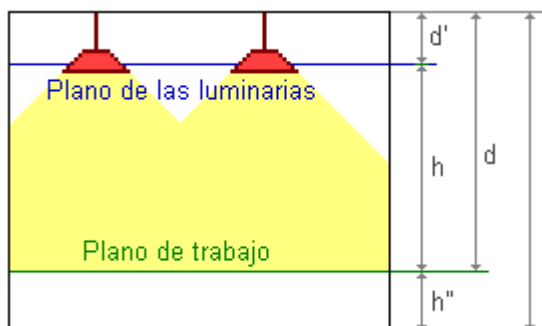
- Debemos saber la iluminancia media que queremos para el local, cosa que también se ha visto anteriormente.
- Escogeremos el tipo de lámpara, el sistema de alumbrado y las luminarias que mejor se adapten a la actividad del local.
- Determinar la altura de suspensión de las lámparas o si éstas van empotradas. Para ello nos guiamos con la siguiente tabla:

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles



**Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa**



Óptimo: 
$$h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$$



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias  
h': altura del local  
h'': altura del plano de trabajo  
d: altura del plano de trabajo al techo  
d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias

- Obtendremos el índice del local (k) a partir de la fórmula:  

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$$
Donde k tomará un valor entre 1 y 10, si el valor por fórmula es superior, se tomará 10.
- Después estableceremos el factor de reflexión por defecto de nuestro local que será de techo (0.5) de las paredes (0.3) y del suelo (0.1).
- Con estos dos últimos factores y la tabla que se proporciona a continuación obtendremos el factor de utilización, y si fuera preciso, interpoláramos en ella.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
 	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.54	.56	.52	.59	.56	.52	.59	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67	

Ejemplo de tabla del factor de utilización

- Finalmente estableceremos el factor de mantenimiento (fm), que para nosotros será de 0.8, ya que se prevé tener limpias las instalaciones.

### 2.3.2. Fórmulas para el cálculo del flujo y de las luminarias

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

$\Phi_T$  = Flujo luminoso total.

E = Iluminancia media deseada.

S = Superficie del plano de trabajo.



$\eta$  = Factor de utilización.

$f_m$  = Factor de mantenimiento.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L}$$

Redondearemos por exceso

$N$  = Número de luminarias.

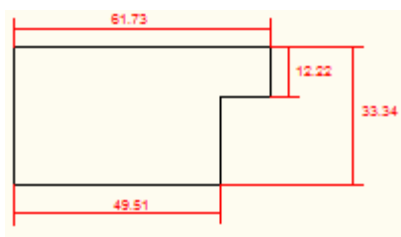
$\Phi_L$  = Flujo luminoso de cada lámpara.

$n$  = Número de lámpara por luminaria.

### 2.3.3. Cálculo de las zonas

#### 2.3.3.1. Taller

Establecemos los diferentes parámetros para los cálculos. Para calcular la altura debemos tener en cuenta que la nave tiene caída, por lo tanto, estableceremos un valor medio aproximado.



$$\begin{aligned} a &= 33.34 \text{ m} & b &= 49.51 \text{ m} & h' &= 8.4 \text{ m} & h'' &= 0.85 \text{ m} & d' &= 1.51 \text{ m} \\ h &= 6.04 \text{ m} & n &= 1 & E &= 500 \text{ lm} & \Phi_L &= 42500 \\ a' &= 12.22 \text{ m} & b' &= 12.22 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= \frac{a \times b}{h \times (a + b)} + \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} \\ &= \frac{33.34 \times 49.51}{6.04 \times (33.34 + 49.51)} + \frac{12.22 \times 12.22}{6.04 \times (12.22 + 12.22)} = 3.299 + 1.011 \\ &= 4.31 \end{aligned}$$

Utilizaremos el factor  $k=4$ , ya que la diferencia para el cálculo la consideramos despreciable y nos facilita el mirar en la tabla para obtener el factor de utilización:

$$\eta = 0.56$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{500 \times 1800}{0.56 \times 0.8} = 2008919.42$$

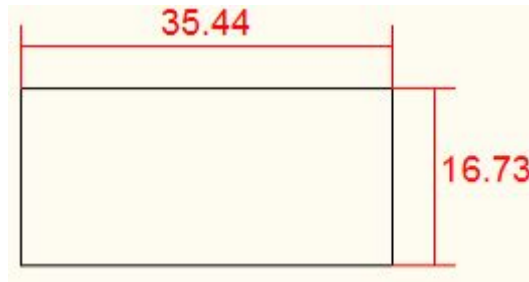
Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{2008919.42}{1 \times 42500} = 47.27$$

Utilizaremos 46 luminarias.



### 2.3.3.2. Almacén de carretillas



$$\begin{aligned} a &= 16.73 \text{ m} & b &= 35.44 \text{ m} & h' &= 8.4 \text{ m} & h'' &= 0.85 \text{ m} & d' &= 1.51 \text{ m} \\ h &= 6.04 \text{ m} & n &= 1 & E &= 500 \text{ lm} & \Phi_L &= 42500 \end{aligned}$$

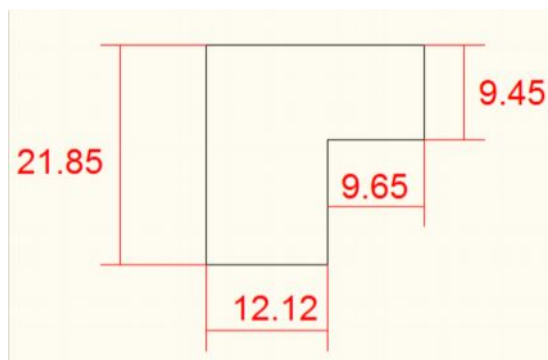
Obtenemos los siguientes datos:

$$k = 1.882 \approx 2 \rightarrow \eta = 0.4$$

$$\Phi_T = 926423.75 \text{ lm} \rightarrow N = 21.8 \text{ luminarias}$$

Utilizaremos 21 luminarias.

### 2.3.3.3. Almacén de repuestos



$$\begin{aligned} a &= 12.12 \text{ m} & b &= 21.85 \text{ m} & h' &= 3.05 \text{ m} & h'' &= 0.85 \text{ m} & d' &= 0.44 \text{ m} \\ h &= 1.76 \text{ m} & n &= 2 & E &= 350 \text{ lm} & \Phi_L &= 5200 \\ a' &= 9.45 \text{ m} & b' &= 9.65 \text{ m} \end{aligned}$$

Obtenemos los siguientes datos:

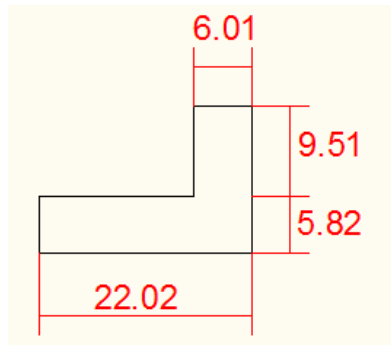
$$k = 7.142 \approx 7 \rightarrow \eta = 0.65$$

$$\Phi_T = 239625.144 \text{ lm} \rightarrow N = 22.86 \text{ luminarias}$$

Utilizaremos 15 luminarias.



### 2.3.3.4. Oficinas de la planta baja



$$\begin{aligned}
 a &= 5.82 \text{ m} & b &= 22.02 \text{ m} & h' &= 3.05 \text{ m} & h'' &= 0.85 \text{ m} & d' &= 0.44 \text{ m} \\
 h &= 1.76 \text{ m} & n &= 4 & E &= 500 \text{ lm} & \Phi_L &= 4450 \\
 a' &= 9.51 \text{ m} & b' &= 6.01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

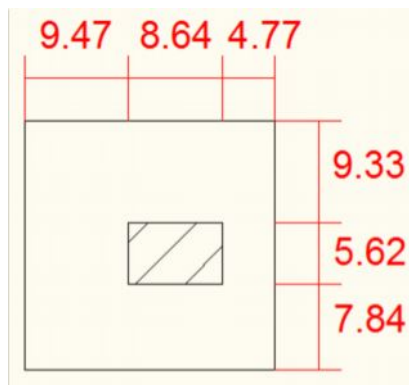
Obtenemos los siguientes datos:

$$k = 4.71 \approx 5 \rightarrow \eta = 0.6$$

$$\Phi_T = 193032.813 \text{ lm} \rightarrow N = 10.84 \text{ luminarias}$$

Utilizaremos 19 luminarias.

### 2.3.3.5. Oficinas 1ª Planta



$$\begin{aligned}
 a &= 22.79 \text{ m} & b &= 22.88 \text{ m} & h' &= 3.56 \text{ m} & h'' &= 0.85 \text{ m} & d' &= 0.542 \text{ m} \\
 h &= 2.168 \text{ m} & n &= 4 & E &= 500 \text{ lm} & \Phi_L &= 4450 \\
 a' &= 8.64 \text{ m} & b' &= 5.62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

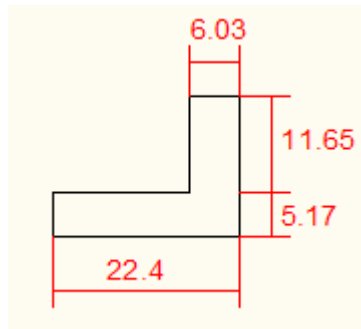
Obtenemos los siguientes datos:

$$k = 3.7 \approx 4 \rightarrow \eta = 0.56$$

$$\Phi_T = 636151.786 \text{ lm} \rightarrow N = 35.74 \text{ luminarias}$$

Utilizaremos 45 luminarias.

### 2.3.3.6. Cocina y vestuarios



$$\begin{aligned}
 a &= 5.17 \text{ m} & b &= 22.4 \text{ m} & h' &= 3.56 \text{ m} & h'' &= 0.85 \text{ m} & d' &= 0.542 \text{ m} \\
 h &= 2.168 \text{ m} & n &= 4 & E &= 350 \text{ lm} & \Phi_L &= 4450 \\
 a' &= 11.65 \text{ m} & b' &= 6.03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

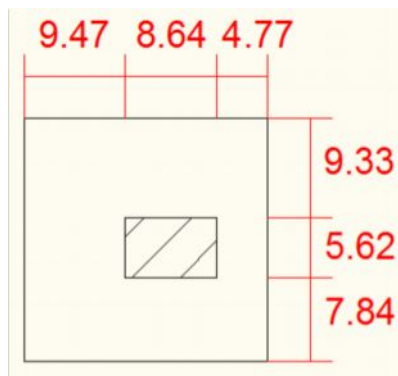
Obtenemos los siguientes datos:

$$k = 3.77 \approx 4 \rightarrow \eta = 0.56$$

$$\Phi_T = 145357.422 \text{ lm} \rightarrow N = 8.17 \text{ luminarias}$$

Utilizaremos 13 luminarias.

### 2.3.3.7. Oficinas 2ª Planta



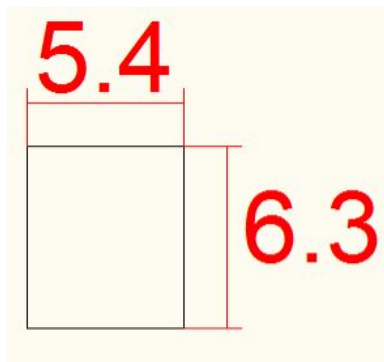
$$\begin{aligned}
 a &= 22.79 \text{ m} & b &= 22.88 \text{ m} & h' &= 3.64 \text{ m} & h'' &= 0.85 \text{ m} & d' &= 0.558 \text{ m} \\
 h &= 2.232 \text{ m} & n &= 4 & E &= 500 \text{ lm} & \Phi_L &= 4450 \\
 a' &= 8.64 \text{ m} & b' &= 5.62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Obtenemos los siguientes datos:

$$k = 3.59 \approx 4 \rightarrow \eta = 0.56$$

$$\Phi_T = 636151.786 \text{ lm} \rightarrow N = 35.74 \text{ luminarias}$$

Utilizaremos 34 luminarias.

**2.3.3.8. Centro de transformación**

$$a = 6.3 \text{ m} \quad b = 5.4 \text{ m} \quad h' = 2.75 \text{ m} \quad h'' = 0.85 \text{ m} \quad d' = 0.38 \text{ m}$$

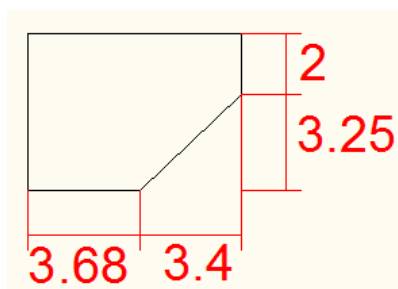
$$h = 1.9 \text{ m} \quad n = 2 \quad E = 350 \text{ lm} \quad \Phi_L = 5200$$

Obtenemos los siguientes datos:

$$k = 1.91 \approx 2 \rightarrow \eta = 0.4$$

$$\Phi_T = 37209.375 \text{ lm} \rightarrow N = 3.55 \text{ luminarias}$$

Utilizaremos 4 luminarias.

**2.3.3.9. Recepción**

$$a = 7.18 \text{ m} \quad b = 5.25 \text{ m} \quad h' = 3.05 \text{ m} \quad h'' = 0.85 \text{ m} \quad d' = 0.44 \text{ m}$$

$$h = 1.76 \text{ m} \quad n = 2 \quad E = 200 \text{ lm} \quad \Phi_L = 1800$$

Obtenemos los siguientes datos:

$$k = 1.25 \approx 1.2 \rightarrow \eta = 0.27$$

$$\Phi_T = 45134.26 \text{ lm} \rightarrow N = 12.54 \text{ luminarias}$$

Utilizaremos 12 luminarias.

**2.3.3.10. Locales sin estudios lumínicos**Aseos y duchas

En estas zonas lo que haremos es colocar unas luminarias tipo Downlight 2x26w con portalámparas G24-d3 para los baños y para las duchas unas luminarias Downlight estancas 2x18w.



### Aparcamiento y patio

El aparcamiento solamente se usará de día, por lo que no necesitaría iluminación, pero para iluminar mínimamente la zona, la empresa y su patio utilizaremos lámpara exterior clase I IP54 MPF111 1xHPI-T400W 230 empotradas en la pared y lámparas de vapor de sodio a. p., clase I, IP55. SNF100 1xSON-T150W 230V en la valla exterior enfocando la fachada.

## 3. Cálculos eléctricos de la instalación

### 3.1. Ordenación de los circuitos interiores

Lo que haremos a continuación es dividir los diferentes circuitos de la instalación interior en distintos grupos, dependiendo si son de fuerza o alumbrado, y los numeraremos:

<b>ALUMBRADO</b>			
SUBCUADRO	CIRCUITO	UBICACIÓN	UTILIZACIÓN
1: Mantenimiento	1	Taller	Encendido rápido
1: Mantenimiento	2	Taller	Encendido 1
1: Mantenimiento	3	Taller	Encendido 2
1: Mantenimiento	4	Taller	Encendido 3
1: Mantenimiento	5	Taller	Encendido 4
1: Mantenimiento	6	Taller	Encendido 5
1: Mantenimiento	7	Taller	Encendido 6
1: Mantenimiento	8	Taller	Maniobra
1: Mantenimiento	9	Exterior	Letrero 1
1: Mantenimiento	10	Exterior	Letrero 2
1: Mantenimiento	11	Exterior	Letrero 3
1: Mantenimiento	12	Exterior	Maniobra
1: Mantenimiento	13	Exterior	Iluminación farolas
1: Mantenimiento	14	Exterior	Focos exteriores
1: Mantenimiento	15	Exterior	Maniobra
2: Oficinas	16	Planta Baja	Fluorescentes
2: Oficinas	17	Planta Baja	Emergencias 1
2: Oficinas	18	Planta Baja	Emergencias 2
2: Oficinas	19	Primera planta	Fluorescentes
2: Oficinas	20	Primera planta	Emergencias 3
2: Oficinas	21	Primera planta	Emergencias 4
2: Oficinas	22	Segunda planta	Fluorescentes
2: Oficinas	23	Segunda planta	Emergencias 5
4: Almacén	24	Almacén	Encendido 7



4: Almacén	25	Almacén	Encendido 8
4: Almacén	26	Almacén	Encendido 9
4: Almacén	27	Almacén	Maniobra

SUBCUADRO	FUERZA	
	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
1: Mantenimiento	28	Cuadro secundario 4
1: Mantenimiento	29	Puente grúa 10 Tn
1: Mantenimiento	30	Puente grúa 5 Tn
1: Mantenimiento	31	11 Cuadros tomas de corriente
1: Mantenimiento	32	12 Cuadros tomas de corriente
1: Mantenimiento	33	7 Cuadros tomas de corriente
1: Mantenimiento	34	Aerotermino
1: Mantenimiento	35	Aerotermino
1: Mantenimiento	36	Aerotermino
1: Mantenimiento	37	Aerotermino
1: Mantenimiento	38	Puerta exterior
1: Mantenimiento	39	Barrera
1: Mantenimiento	40	Portero
1: Mantenimiento	41	Alarma
1: Mantenimiento	42	Cuadro aire acondicionado
2: Oficinas	43	Cuadro ascensor
2: Oficinas	44	Persiana exterior
2: Oficinas	45	Video portero
2: Oficinas	46	T.C. Planta baja
2: Oficinas	47	T.C. Primera planta
2: Oficinas	48	T.C. Segunda planta
2: Oficinas	49	T.C. Informática 1
2: Oficinas	50	T.C. Informática 2
2: Oficinas	51	T.C. Zona cocina
2: Oficinas	52	Cocina
2: Oficinas	53	Lavaplatos
3: Maquinaria	54	Compresor
3: Maquinaria	55	Torno
3: Maquinaria	56	Prensa
3: Maquinaria	57	Taladro
3: Maquinaria	58	Sierra
3: Maquinaria	59	Máquina de lavado a presión
3: Maquinaria	60	Soldadura móvil
3: Maquinaria	61	Extractor de humos
3: Maquinaria	62	Cuadro pintura y lavado





3: Maquinaria	63	Puerta rápida
3: Maquinaria	64	Puerta seccionable
3: Maquinaria	65	Cargador de baterías
3: Maquinaria	66	Cargador de baterías
3: Maquinaria	67	Cargador de baterías
3: Maquinaria	68	Extractor cabinas
4: Almacén	69	3 Cuadros toma de corriente
4: Almacén	70	Puerta seccionable interior
4: Almacén	71	Puerta seccionable exterior

### 3.2. Potencia de la instalación

Una vez que tenemos la distribución por líneas de los distintos receptores lo que vamos a realizar es el cálculo de la potencia eléctrica que necesitaremos y mediante unos coeficientes obtendremos la dimensión aproximada del transformador que necesitamos, de las líneas, y de las protecciones. Los circuitos que posteriormente no tienen la potencia se numeran para ponerles protecciones (es el caso de las luces de emergencia, que consumen poco y en determinados momentos puntuales, es el caso de las líneas de maniobra,...).

Para ello utilizaremos las siguientes ecuaciones:

$$P_{\text{calculo}} = P \times k_m$$

$P$  = Potencia de cada receptor.

$k_m$  = Coeficiente (1.8 para los fluorescentes, según la ITC-REBT 44 y 1.25 para los motores según la ITC-REBT 47).

$$P_{\text{total}} = P_{\text{calculo}} \times k_u$$

$k_u$  = Coeficiente de utilización (lo determinas tu, y va de 0 a 1).

CIRCUITO	P. CIRCUITO (W)	$k_m$	POTENCIA CALCULO	$k_u$	POTENCIA TOTAL
1	1250	1	1250	0,7	875
2	3200	1	3200	0,5	1600
3	2800	1	2800	0,5	1400
4	3200	1	3200	0,5	1600
5	2800	1	2800	0,5	1400
6	3200	1	3200	0,5	1600
7	3200	1	3200	0,5	1600
8			0		0
9	4000	1	4000	0,6	2400
10	4000	1	4000	0,6	2400
11	4000	1	4000	0,6	2400
12			0		0
13	3600	1	3600	0,6	2160



14	600	1	600	0,6	360
15			0		0
16	6756	1,8	12160,8	1	12160,8
17			0		0
18			0		0
19	12528	1,8	22550,4	0,8	18040,32
20			0		0
21			0		0
22	7344	1,8	13219,2	0,6	7931,52
23			0		0
24	2000	1	2000	0,5	1000
25	2000	1	2000	0,5	1000
26	2000	1	2000	0,5	1000
27					
28					
29	3770	1,25	4712,5	0,4	1885
30	3080	1,25	3850	0,4	1540
31	5500	1	5500	0,7	3850
32	6000	1	6000	0,7	4200
33	3500	1	3500	0,7	2450
34	1500	1,25	1875	0,8	1500
35	1500	1,25	1875	0,8	1500
36	1500	1,25	1875	0,8	1500
37	1500	1,25	1875	0,8	1500
38	1000	1,25	1250	1	1250
39	500	1,25	625	0,6	375
40			0		0
41			0		0
42	20000	1,25	25000	1	25000
43	2800	1,25	3500	0,4	1400
44	700	1,25	875	0,6	525
45			0		0
46	2200	1	2200	0,8	1760
47	2200	1	2200	0,7	1540
48	2200	1	2200	0,5	1100
49	1000	1	1000	1	1000
50	1000	1	1000	1	1000
51	2200	1	2200	0,5	1100
52	3000	1	3000	0,4	1200
53	2200	1	2200	0,4	880
54	22000	1,25	27500	0,8	22000



55	5000	1,25	6250	0,6	3750
56	4800	1,25	6000	0,6	3600
57	1100	1,25	1375	0,9	1237,5
58	1000	1,25	1250	0,7	875
59	5500	1,25	6875	1	6875
60	6600	1,25	8250	0,8	6600
61	900	1,25	1125	1	1125
62	5500	1,25	6875	0,7	4812,5
63	500	1,25	625	0,8	500
64	1000	1,25	1250	0,8	1000
65	2880	1,25	3600	1	3600
66	11520	1,25	14400	1	14400
67	11200	1,25	14000	1	14000
68	2950	1,25	3687,5	0,7	2581,25
69	1500	1	1500	0,7	1050
70	1000	1,25	1250	0,8	1000
71	1000	1,25	1250	0,8	1000

Una vez finalizado este cálculo, sumaremos la potencia que afecta a cada cuadro y lo multiplicaremos por un coeficiente de simultaneidad para cada cuadro.

$$Potencia = P_{total} \times k_s$$

$k_s$  = Coeficiente de simultaneidad (en este caso 0.9).

CUADROS	POTENCIA TOTAL (W)	COEFICIENTE SIMULTANEIDAD	POTENCIA (W)
cuadro 1	66345	0,9	59710,5
cuadro 2	49637,64	0,9	44673,876
cuadro 3	86956,25	0,9	78260,625
cuadro 4	6050	0,9	5445
		TOTAL	188090,001

Finalmente aplicaremos un coeficiente de simultaneidad al total y una vez obtenida la potencia, obtendremos la aparente:

$$Pot. = Potencia \times k_s'$$

$k_s'$  = Coeficiente de simultaneidad total (en este caso también 0.9).

$$S_{calc} = \frac{Pot.}{\cos\phi} \times F_c$$

$Pot.$  = Potencia activa (W).

$S_{calc}$  = Potencia aparente (VA).

$\cos\phi$  = Factor de potencia compensado por la batería de condensadores (0.97)

$F_c$  = Factor de crecimiento (1.25).



POTENCIA	K <sub>s</sub>	POT.	cosφ	F <sub>c</sub>	Scale
188090,001	0,9	169281,001	0,97	1,3	<b>226871.44</b>

### 3.3. Potencia contratada

Para determinar la potencia que debemos contratar lo que haremos es multiplicar la potencia aparente contratada por un coeficiente de simultaneidad.

$$S_{calc} \times k_s = P_{Contratada}$$

$$P_{Contratada} = 226871.44 \times 0.9 = 204184.3 \text{ W}$$

Para esta potencia contratada, vamos a pedir a la compañía eléctrica que el cobro de la factura lo haga por el método de 1 máximo. Por lo tanto, como se ha visto en la memoria, el cálculo debe ser:

- Si sobrepasamos 1.05 veces la potencia contratada aplicará la siguiente fórmula:

$$P_F = P_R + 2 \times (P_R - 1.05 \times P_C)$$

Donde:

$P_F$  = Potencia facturada.

$P_R$  = Potencia registrada por el máximo.

$P_C$  = Potencia contratada.

- Si el medidor marca entre 0.85 veces y 1.05 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = P_R$$

- Si no llegamos a 0.85 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = 0.85 \times P_C$$

Como podemos ver, si contratamos una potencia de 204 KW, podremos llegar a tener un consumo de 214.2 KW sin que se produzca ningún recargo.

Como no queremos tener recargo en la factura lo que haremos es el cálculo de un I.C.P. que no permita pasar más corriente de la que hace establecer dicho límite. Para ello calcularemos la intensidad máxima que debe pasar:

$$I = \frac{1.05 \times P_C}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} = \frac{214200}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.97} = 318.73 \text{ A}$$

Entonces colocaremos un interruptor automático Magnetotérmico que no permita circular por la instalación más de 318 A.

### 3.4. Cálculo de secciones

Lo primero que vamos a realizar es el cálculo de secciones de cada línea, y posteriormente realizaremos el cálculo de las protecciones para dichas líneas. Para



la realización del cálculo primero haremos un ejemplo paso a paso y posteriormente resumiremos todas las líneas en tablas con todos los parámetros calculados.

Para calcular la sección de una línea lo primero que necesitamos conocer es la potencia que se conectará en su extremo.

Para el cálculo vamos a utilizar dos criterios:

1. Criterio de la caída de tensión

a. Para líneas trifásicas

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V}$$

$S$  = Sección ( $\text{mm}^2$ )

$L$  = Longitud de la línea (m)

$P$  = Potencia conectada (W)

$c$  = Conductividad del cobre ( $\text{S/m}=56$ )

$u$  = Caída de tensión admisible (5% para fuerza y 3% para alumbrado)

$V$  = Tensión nominal (V)

b. Para líneas monofásicas

$$S = \frac{L \times P}{c \times u \times V}$$

2. Criterio térmico

a. Para líneas trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

$I$  = Intensidad (A)

$P$  = Potencia conectada (W)

$V$  = Tensión nominal (V)

b. Para líneas monofásicas

$$I = \frac{P}{V}$$

Una vez que hemos obtenido la intensidad que circulará por la línea debemos ir a la ITC-REBT 07 si se trata de una instalación subterránea o a la ITC-REBT 19 si se trata de alguna de las instalaciones que se especifican en esta ITC, y buscar la sección de cable adecuada para que soporte la intensidad calculada.

Además, si se trata de una instalación subterránea deberemos aplicar un coeficiente por llevar los cables bajo zanja y en contacto.

Calculamos la Derivación Individual, es decir, la línea que va desde el Centro de Transformación hasta el cuadro C.G.P. que hemos denominado en la empresa.

$L = 16.5 \text{ m.}$        $u = 1.5\% \times V$        $P = 204184.3 \text{ W}$        $V = 400 \text{ V}$



### Criterio de la caída de tensión

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V} = \frac{2 \times 16.5 \times 204184.3}{56 \times \frac{1.5}{100} \times 400 \times 400} = 50.1345 \text{ mm}^2$$

Normalizamos esta sección y obtenemos que debíamos poner una sección de 35 mm<sup>2</sup>.

### Criterio térmico

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} = \frac{204184.3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.97} = 303.8295 \text{ A}$$

Como se trata de una línea subterránea que lleva 4 cables juntos, debemos mirar el coeficiente de corrección que debemos aplicar en la tabla correspondiente de la ITC-REBT 07 (0,64).

$$I_{calc} = \frac{I}{F_c} = \frac{303.8295}{0.64} = 474.7337 \text{ A}$$

Con esta intensidad ya iremos a la tabla de la ITC-REBT 07 y veremos que sección es necesaria (185 mm<sup>2</sup>).

En este caso vemos que la sección por el criterio térmico es mayor que la obtenida por el criterio de caída de tensión, entonces utilizaremos esa.

Las protecciones hacen que debemos subir la sección por lo que pondremos la que nos especifiquen para cumplir los criterios.

### **Derivación Individual 3x300 mm<sup>2</sup> Cu + 1x150 mm<sup>2</sup> Cu**

**Fase                      Neutro**

**El aislamiento será XLPE y el diámetro exterior de los tubos será de 180 mm (ITC-REBT 21).**

El resto de los cálculos de las distintas líneas lo reflejaremos en las siguientes tablas. Los aislamientos para el resto de circuitos serán de PVC, y no estarán metidos en el interior de tubos, excepto las bajantes de las bandejas a las maquinarias:

Las secciones están calculadas en mm<sup>2</sup> y la Cdt. y la tensión en V. Las líneas que no tienen Distancia, es decir, L, les consideraremos una distancia media de 200 metros.

LÍNEA	CUADRO	SEC. CALC.	P. RECEPTOR (W)	L (m)	Cu	CDT.	TENSIÓN	Cosφ
DI		30,3846	204184,3	16,50	56	6	400	0,97
C.S.1		11,5884	65155,5	39,84	56	20	400	0,7
C.S.2		11,0388	44673,876	55,35	56	20	400	0,7
C.S.3		16,4906	78260,625	47,20	56	20	400	0,7
1	C.S.1	0,4293	875	43,60	56	6,9	230	1
2	C.S.1	0,7741	1600	43,00	56	6,9	230	1
3	C.S.1	0,6846	1400	43,46	56	6,9	230	1
4	C.S.1	0,8003	1600	44,45	56	6,9	230	1

5	C.S.1	0,7404	1400	47,00	56	6,9	230	1
6	C.S.1	0,8780	1600	48,77	56	6,9	230	1
7	C.S.1	0,9234	1600	51,29	56	6,9	230	1
8	C.S.1			0,10				
9	C.S.1	0,8593	2400	31,82	56	6,9	230	1
10	C.S.1	0,4920	2400	18,22	56	6,9	230	1
11	C.S.1	0,2325	2400	8,61	56	6,9	230	1
12	C.S.1			0,10				
13	C.S.1	1,2347	2160	50,80	56	6,9	230	1
14	C.S.1	0,1466	360	36,20	56	6,9	230	1
15	C.S.1			0,10				
16	C.S.2	3,6945	12160,8	27,00	56	6,9	230	1
17	C.S.2			0,00				
18	C.S.2			0,00				
19	C.S.2	5,0261	18040,32	24,76	56	6,9	230	1
20	C.S.2			0,00				
21	C.S.2			0,00				
22	C.S.2	1,4503	7931,52	16,25	56	6,9	230	1
23	C.S.2			0,00				
24	C.S.4	0,2051	1000	18,23	56	6,9	230	1
25	C.S.4	0,2198	1000	19,53	56	6,9	230	1
26	C.S.4	0,2425	1000	21,55	56	6,9	230	1
27	C.S.4			0,10				
28	C.S.1	0,0000		52,10	56	20	400	0,8
29	C.S.1	0,4092	1885	48,63	56	20	400	0,8
30	C.S.1	0,2736	1540	39,79	56	20	400	0,8
31	C.S.1	0,0000		50,00	56	20	400	0,9
32	C.S.1	0,0000		50,00	56	20	400	0,9
33	C.S.1	0,0000		50,00	56	20	400	0,9
34	C.S.1	0,5874	1500	58,00	56	11,5	230	0,75
35	C.S.1	0,3241	1500	32,00	56	11,5	230	0,75
36	C.S.1	0,0051	1500	0,50	56	11,5	230	0,75
37	C.S.1	0,4861	1500	48,00	56	11,5	230	0,75
38	C.S.1	0,1320	1250	15,64	56	11,5	230	0,8
39	C.S.1	0,0767	375	30,30	56	11,5	230	0,8
40	C.S.1			15,64				
41	C.S.1			6,00				
42	C.S.1	2,1317	25000	38,20	56	20	400	0,75
43	C.S.2	0,0063	1400	1,00	56	20	400	0,8
44	C.S.2	0,0354	525	10,00	56	11,5	230	0,8
45	C.S.2			14,50				

46	C.S.2	0,3591	1760	30,22	56	11,5	230	0,9
47	C.S.2	0,3718	1540	35,76	56	11,5	230	0,9
48	C.S.2	0,1655	1100	22,29	56	11,5	230	0,9
49	C.S.2	0,1215	1000	18,00	56	11,5	230	0,9
50	C.S.2	0,1505	1000	22,29	56	11,5	230	0,9
51	C.S.2	0,1860	1100	25,05	56	11,5	230	0,9
52	C.S.2	0,1487	1200	18,35	56	11,5	230	0,8
53	C.S.2	0,1142	880	19,22	56	11,5	230	0,8
54	C.S.3	0,6875	22000	7,00	56	20	400	0,6
55	C.S.3	0,0837	3750	5,00	56	20	400	0,8
56	C.S.3	0,2138	3600	13,30	56	20	400	0,8
57	C.S.3	0,0735	1237,5	13,30	56	20	400	0,75
58	C.S.3	0,0520	875	13,30	56	20	400	0,8
59	C.S.3	0,7059	6875	23,00	56	20	400	0,8
60	C.S.3	2,5015	6600	84,90	56	20	400	0,75
61	C.S.3	0,1256	1125	25,00	56	20	400	0,8
62	C.S.3	0,5371	4812,5	25,00	56	20	400	0,8
63	C.S.3	0,0068	500	2,00	56	11,5	230	0,8
64	C.S.3	0,0089	1000	2,00	56	20	400	0,8
65	C.S.3	0,6011	3600	37,40	56	20	400	0,75
66	C.S.3	2,4043	14400	37,40	56	20	400	0,75
67	C.S.3	2,3375	14000	37,40	56	20	400	0,75
68	C.S.3	0,2881	2581,25	25,00	56	20	400	0,7
69	C.S.4	0,0000		62,40	56	20	400	0,9
70	C.S.4	0,0089	1000	2,00	56	20	400	0,8
71	C.S.4	0,2946	1000	66,00	56	20	400	0,8

Consecución de las tablas:

LÍNEA	RAÍZ 3	INTNESIDAD	INTENSIDAD CALC.	SECC. CDT.	SECC.INTENSIDAD
DI	1,732	303,8295	474,7337	35	185
C.S.1	1,732	134,3484	134,3484	16	95
C.S.2	1,732	92,1160	92,1160	16	50
C.S.3	1,732	161,3707	161,3707	25	185
1	1,732	3,8043	3,8043	2,5	2,5
2	1,732	6,9565	6,9565	2,5	2,5
3	1,732	6,0870	6,0870	2,5	2,5
4	1,732	6,9565	6,9565	2,5	2,5
5	1,732	6,0870	6,0870	2,5	2,5
6	1,732	6,9565	6,9565	2,5	2,5
7	1,732	6,9565	6,9565	2,5	2,5
8				1,5	
9	1,732	10,4348	10,4348	2,5	2,5





10	1,732	10,4348	10,4348	2,5	2,5
11	1,732	10,4348	10,4348	2,5	2,5
12				1,5	
13	1,732	9,3913	9,3913	2,5	2,5
14	1,732	1,5652	1,5652	2,5	2,5
15				1,5	
16	1,732	52,8730	52,8730	4	16
17				1,5	
18				1,5	
19	1,732	78,4362	78,4362	6	25
20				1,5	
21				1,5	
22	1,732	34,4849	34,4849	2,5	6
23				1,5	
24	1,732	4,3478	4,3478	2,5	2,5
25	1,732	4,3478	4,3478	2,5	2,5
26	1,732	4,3478	4,3478	2,5	2,5
27				1,5	
28	1,732	35,0000	35,0000		10
29	1,732	3,4010	3,4010	2,5	2,5
30	1,732	2,7785	2,7785	2,5	2,5
31	1,732	32,0000	32,0000		10
32	1,732	32,0000	32,0000		10
33	1,732	32,0000	32,0000		10
34	1,732	6,5217	6,5217	2,5	2,5
35	1,732	6,5217	6,5217	2,5	2,5
36	1,732	6,5217	6,5217	2,5	16
37	1,732	6,5217	6,5217	2,5	2,5
38	1,732	5,4348	7,7640	2,5	2,5
39	1,732	1,6304	2,3292	2,5	2,5
40				1,5	
41				1,5	
42	1,732	48,1125	48,1125	10	25
43	1,732	2,5259	2,5259	2,5	10
44	1,732	2,8533	2,8533	2,5	2,5
45				1,5	
46	1,732	8,5024	8,5024	2,5	2,5
47	1,732	7,4396	7,4396	2,5	2,5
48	1,732	5,3140	5,3140	2,5	2,5
49	1,732	4,8309	4,8309	2,5	2,5
50	1,732	4,8309	4,8309	2,5	2,5



51	1,732	5,3140	5,3140	2,5	2,5
52	1,732	6,5217	6,5217	2,5	6
53	1,732	4,7826	4,7826	2,5	4
54	1,732	52,9238	52,9238	2,5	25
55	1,732	6,7658	6,7658	2,5	10
56	1,732	6,4952	6,4952	2,5	2,5
57	1,732	2,3816	2,3816	2,5	2,5
58	1,732	1,5787	1,5787	2,5	2,5
59	1,732	12,4040	12,4040	2,5	2,5
60	1,732	12,7017	12,7017	4	2,5
61	1,732	2,0297	2,0297	2,5	2,5
62	1,732	8,6828	8,6828	2,5	2,5
63	1,732	2,1739	2,1739	2,5	6
64	1,732	1,8042	1,8042	2,5	10
65	1,732	6,9282	6,9282	2,5	2,5
66	1,732	27,7128	27,7128	2,5	6
67	1,732	26,9430	26,9430	2,5	6
68	1,732	5,3224	5,3224	2,5	2,5
69	1,732	32,0000	32,0000		10
70	1,732	1,8042	1,8042	2,5	10
71	1,732	1,8042	1,8042	2,5	2,5

Resultados obtenidos finalmente:

LÍNEA	CONDUCTOR	NEUTRO	C.P.	DESIGNACIÓN
DI	300	150	No	3x300+1x150
C.S.1	95	95	50	4x95+1G50
C.S.2	50	50	25	4x50+1G25
C.S.3	185	95	95	3x95+2G50
1	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
2	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
3	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
4	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
5	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
6	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
7	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
8	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
9	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
10	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
11	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
12	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
13	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4



14	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
15	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
16	16	16	16	3G16
17	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
18	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
19	25	25	16	2x25+1G16
20	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
21	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
22	6	6	6	3G6
23	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
24	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
25	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
26	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
27	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
28	10	10	10	5G10
29	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
30	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
31	10	10	10	5G10
32	10	10	10	5G10
33	10	10	10	5G10
34	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
35	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
36	16	16	16	3G16
37	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
38	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
39	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
40	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
41	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
42	25	25	16	2x25+1G16
43	10	10	10	5G10
44	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
45	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
46	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
47	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
48	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
49	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
50	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
51	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
52	6	6	6	3G6
53	4	4	4	3G4
54	25	25	16	4x25+1G16



55	10	10	10	5G10
56	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
57	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
58	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
59	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
60	4	4	4	5G4
61	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
62	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
63	6	6	6	3G6
64	10	10	10	5G10
65	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
66	6	6	6	5G6
67	6	6	6	5G6
68	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
69	10	10	10	5G10
70	10	10	10	5G10
71	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4

Algunas de las secciones resultantes han tenido que ser modificadas debido a cálculos de las protecciones.

La designación que entre número y número tiene un “G” significa que tiene incluido el conductor de protección, mientras que si aparece una “x” no.

Después del cálculo de cada sección, hemos tenido en cuenta si cumplía o no la caída de tensión admisible para cada circuito, y todos ellos la cumplían. Las fórmulas utilizadas para ver su cumplimiento son:

$$Cdt = \frac{P.Receptor \times L}{Cu \times U \times S} = [V] \text{ (Trifásica)}$$

$$Cdt = \frac{2 \times P.Receptor \times L}{Cu \times U \times S} = [V] \text{ (Monofásica)}$$

$$Cdt\% = \frac{[V] \times 100}{U}$$

Todos los resultados de Cdt% eran menores que 3% para las líneas tanto de alumbrado como de fuerza y menores de 1.5% para la acometida y la DI.

### 3.5. Cálculo de las protecciones magnetotérmicas

El cálculo de protecciones es posible que nos fuerce a cambiar alguna de las secciones de los cables debido a:

- La intensidad nominal normalizada de los interruptores.
- El tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito es inferior que el marcado (0.1 segundos).



- La ITC-REBT 25 obliga a unas determinadas secciones e intensidades de los interruptores que conllevarán al cambio para cumplir todas las condiciones.

La primera protección que vamos a calcular es el I.C.P. que colocaremos en la entrada del cuadro C.G.P. para proteger la empresa frente a sobrecarga. Para calcular las protecciones debemos calcular primero las impedancias de la red de baja tensión, del transformador, la Aparamenta,...

Así pues, calcularemos los datos necesarios para todas las protecciones también pondremos los datos que utilizamos.

Lo primero pondremos las fórmulas que usaremos comunes para todos los circuitos. La Aparamenta habrá que ir aumentándola a medida que bajemos en el circuito, ya que se añaden protecciones. No obstante, estos cálculos se realizarán por medio de una tabla Excel, lo que facilitará el cálculo.

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}} \quad Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2} \quad Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n}$$

$$Z_{Aparametna1}(j) = n^2 \times 0.00015$$

$$Z_{DI} = \phi \times \frac{L}{s} \quad |Z_d| = \sqrt{(Z_{Líneas})^2 + (Z(j))^2}$$

$$I_{cc \max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} \quad I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|}$$

$$|Z_o| = \sqrt{(3 \times Z'_{Líneas})^2 + (Z_{Trafo}(j) + 3 \times Z_{Aparametna}(j))^2}$$

$$t_{mcicc} = \frac{c_c \times s^2}{I_{ccf}^2}$$

Definición de las abreviaturas:

$Z_{M.T.}(j)$  = Impedancia de Media Tensión.

$Z_{B.T.}(j)$  = Impedancia de Baja Tensión.

$Z_{Trafo}(j)$  = Impedancia del transformador.

$Z_{Aparametna1}(j)$  = Impedancia de la Aparamenta hasta el cuadro C.G.P.

$Z_{DI}$  = Impedancia de la Derivación Individual. Esta fórmula se utilizará para todas las líneas que calculemos.

$|Z_d|$  = Impedancia directa.

$|Z_o|$  = Impedancia homopolar.

$u_{M.T.}$  = Tensión en Media Tensión (13200 V).

$S_{cc}$  = Corriente de cortocircuito al principio de la línea dada por la compañía eléctrica (400000000 VA).

$u_{B.T.}$  = Tensión en Baja Tensión (400 V ó 230 V).

$U_{cc}$  (%) = Tensión de cortocircuito que se rige por la siguiente tabla:

	$U_{cc}$
$S_n \leq 630KVA$	4%
$630KVA \leq S_n \leq 800KVA$	4.5%
$800KVA \leq S_n \leq 1000KVA$	5%
$1000KVA \leq S_n \leq 1600KVA$	6%

$S_n$  = Potencia del transformador (400000 VA).

$n^2$  = Número de aparatos o protecciones.



$\phi$  = Resistividad del cobre (0.018).

$L$  = Longitud de la línea.

$s$  = Sección de la línea.

$I_{cc\ max}$  = Calculamos la intensidad de cortocircuito máxima para el punto en el que nos encontramos y puede ser calculada con tres fórmulas.

Cortocircuito trifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times  Z_d }$
Cortocircuito bifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{2 \times  Z_d }$
Cortocircuito Fase-Tierra	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{ 2 \times Z_d + Z_o }$

$I_{cc\ min}$  = Corriente de cortocircuito mínima, suele ser el cortocircuito fase-tierra.

$c$  = Se rige por la siguiente tabla:

	$I_{cc\ max}$	$I_{cc\ min}$
230/400 V	1	0.95
Otras tensiones	1.05	1

$t_{mcicc}$  = Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito.

$C_c$  = Coeficiente del conductor. Se rige por la siguiente tabla:

	PVC	XLPE/EPR
Cu	13225	20449
Al	5476	8836

$$I_{ccf} = I_{cc\ min}$$

Calculamos:

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{400000000} = 0.4356j\Omega$$

$$Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2} = 0.4356 \times \frac{400^2}{13200^2} = 0.0004j\Omega$$

$$Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n} = \frac{4}{100} \times \frac{400^2}{400000} = 0.016j\Omega$$

$$Z_{Aparametna1}(j) = n^2 \times 0.00015 = 1 \times 0.00015 = 0.00015j\Omega$$

$$Z_{DI} = \phi \times \frac{L}{s} = 0.018 \times \frac{16.5}{300} = 0.000909\Omega$$



### 3.5.1. En cuadro C.G.P.

#### 3.5.1.1. I.C.P.

Este elemento va a proteger frente a sobrecarga por lo que debemos calcular únicamente el poder de corte y el calibre:

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{\text{Lineas}})^2 + (Z(j))^2} = \sqrt{(0.000909)^2 + (0.0004 + 0.016 + 0.00015)^2} = 0.01657$$

$$I_{cc \max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0.01657} = 13888.89 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

Para calcular el calibre debemos ver la intensidad nominal que circula por el conductor, ver la intensidad que admite el cable y poner una intensidad nominal normalizada que se encuentre entre ambas. Si no hubiera ninguna, deberemos subir la sección para que con ella aumente la intensidad que admite el cable. La intensidad nominal es la misma que la “intensidad” de las tablas de cálculo de las secciones.

$$I_{\text{calc}} < I_n < I_{\text{adm}}; 303.83 < I_n < 386$$

Deberíamos coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 400 A y regular a 318 A, que es la intensidad máxima que debe dejar pasar para que no se nos produzcan recargos en la factura.

No obstante, cogeremos un interruptor automático magnetotérmico que nos permita aumentar la corriente que reciba la empresa hasta la máxima intensidad que nos aporta el Centro de Transformación, cálculo que observamos en el apartado 5.1.1. Intensidad en el primario y en el secundario:

$$569.368 \text{ A}$$

Así pues, colocaremos un interruptor magnetotérmico de 630 A de intensidad nominal, y para que esto pueda producirse cogeremos un cable para la Derivación Individual de 300 mm<sup>2</sup>.

#### 3.5.1.2. Magnetotérmico para C.S.1.

Este elemento va a proteger frente a sobrecarga y cortocircuito por lo que debemos calcular el poder de corte, el calibre y su curva:

$$Z_{\text{Aparametna1}}(j) = n^0 \times 0.00015 = 2 \times 0.00015 = 0.00030j\Omega$$

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{\text{Lineas}})^2 + (Z(j))^2} = \sqrt{(0.000909)^2 + (0.0004 + 0.016 + 0.00030)^2} = 0.01672$$

$$I_{cc \max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0.01672} = 13765.29 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.



Para calcular el calibre:

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \quad 134.348 < I_n < 180$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 160 A, que es la intensidad normalizada, y para ello hemos tenido que subir la sección que íbamos a poner al conductor que iba hasta el cuadro C.S.1.

Calculamos la curva del magnetotérmico:

$$Z_{Línea \text{ C.S.1.}} = \phi \times \frac{L}{S} = 0.018 \times \frac{39.84}{95} = 0.00755\Omega$$

Para este cálculo, debemos hallar las impedancias de las líneas a temperatura de cortocircuito:

$$\begin{aligned} Z'_{Línea \text{ C.S.1.}}(250^\circ) &= Z_{Línea \text{ C.S.1.}} \times (1 + \alpha \times \Delta T) \\ &= 0.00755 \times (1 + 0.004 \times 230) = 0.0145\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z'_{DI}(250^\circ) &= Z_{DI} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0.000909 \times (1 + 0.004 \times 230) = \\ &= 0.00175\Omega \end{aligned}$$

Cogemos toda la Aparamenta de la línea

$$Z_{Aparamenta}(j) = n^\circ \times 0.00015 = 3 \times 0.00015 = 0.00045j\Omega$$

$$\begin{aligned} Z_d &= Z'_{Líneas} + Z(j) = 0.0145 + 0.00175 + (0.0004 + 0.016 + 0.00045)j \\ &= 0.01625 + (0.01685)j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_o &= 3 \times Z'_{Líneas} + Z_{Trafo}(j) + 3 \times Z_{Aparamenta}(j) \\ &= 3 \times 0.01625 + (0.016 + 3 \times 0.00045)j \\ &= 0.04874 + 0.01735j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} |2 \times Z_d + Z_o| &= \sqrt{(0.035164 + 0.04874)^2 + ((0.0337 + 0.01735)j)^2} \\ &= 0.09821 \end{aligned}$$

$$I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|} = \frac{0.95 \times 400 \times \sqrt{3}}{0.09821} = 6529.94 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 800 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 1600 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 3200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \times S^2}{I_{ccf}^2} = \frac{13225 \times 95^2}{6529.94^2} = 2.8s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$





### 3.5.1.3. Magnetotérmico para C.S.2.

$$I_{cc\ max} = 13765.29\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 92.116 < I_n < 117$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 100 A.

$$I_{cc\ min} = 3133,506\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 500 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 1000 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 2000 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 3.367s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.1.4. Magnetotérmico para C.S.3.

$$I_{cc\ max} = 13765,29\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 161.371 < I_n < 268$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 250 A.

$$I_{cc\ min} = 8639.73\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 1250 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 2500 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 5000 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 6.226s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$



### 3.5.2. En cuadro C.S.1.

#### 3.5.2.1. Magnetotérmico para C.S.4.

$$I_{cc\ max} = 11960.89\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 35 < I_n < 44$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 40 A.

$$I_{cc\ min} = 676.62\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 800 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 2.889s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

#### 3.5.2.2. Magnetotérmico para Puente grúa 10 Tn

$$I_{cc\ max} = 11879.55\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 3.401 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 191.735\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:



$$t_{mcicc} = 2.248s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.3. Magnetotérmico para Puente grúa 5 Tn

$$I_{cc\ max} = 11879.55\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.779 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 233.246\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.519s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.4. Magnetotérmico para 11 Cuadros T.C.

$$I_{cc\ max} = 11960.89\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 32 < I_n < 44$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 40 A.

$$I_{cc\ min} = 702.799\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 800 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:



$$t_{mcicc} = 2.678s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.5. Magnetotérmico para 12 Cuadros T.C.

$$I_{cc\ max} = 11960.89\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 32 < I_n < 44$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 40 A.

$$I_{cc\ min} = 702.799A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 800 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 2.678s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.6. Magnetotérmico para 7 Cuadros T.C.

$$I_{cc\ max} = 11960.89\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 32 < I_n < 44$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 40 A.

$$I_{cc\ min} = 702.799A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 800 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:



$$t_{mcicc} = 2.678s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.7. Magnetotérmico para Aerotermo 1

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 5.02 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 92.75A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C} \rightarrow \text{No válida}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la B.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 9.608s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.8. Magnetotérmico para Aerotermo 2

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 5.02 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 165.734\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:



$$t_{mcicc} = 3.009s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.9. Magnetotérmico para Aerotermo 3

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 5.02 < I_n < 66$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 4061.35\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.205s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.10. Magnetotérmico para Aerotermo 4

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 5.02 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 111.664\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:



$$t_{mcicc} = 6.629s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.11. Magnetotérmico para Puerta exterior

$$I_{cc\ max} = 11879.55\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.255 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 570.69\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.254s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.12. Magnetotérmico para Barrera

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 1.17 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 174.722\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:



$$t_{mcicc} = 2.708s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.13. Magnetotérmico para Portero

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \text{ Desconocida } < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 328.147\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.768s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.14. Magnetotérmico para Alarma

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \text{ Desconocida } < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 774.454\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:





$$t_{mcicc} = 0.138s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.15. Magnetotérmico para Cuadro de aire acondicionado

$$I_{cc\ max} = 11879.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 48.11 < I_n < 77$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 63 A.

$$I_{cc\ min} = 1938.893\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 315 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 630 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 1260 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 2.196s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.16. Magnetotérmico para Letrero 1

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 6.02 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 165.628\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:



$$t_{mcicc} = 3.013s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.17. Magnetotérmico para Letrero 2

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 6.02 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 281.299\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.045s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.18. Magnetotérmico para Letrero 3

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 6.02 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 554.76\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:



$$t_{mcicc} = 0.269s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.19. Magnetotérmico para Maniobra

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \text{ Desconocida } < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 6 A.

$$I_{cc\ min} = 3423.13\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.003s > 0.1s \rightarrow \text{No válido}$$

No nos tiene que preocupar que este cable no cumpla el tiempo máximo que el conductor debe soportar la corriente de cortocircuito, ya que se trata simplemente de un cable para accionar distintas líneas por lo que no tendrá prácticamente corriente.

### 3.5.2.20. Magnetotérmico para Focos exteriores

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \ 0.904 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 146.256\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$



$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 3.864s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.21. Magnetotérmico para Iluminación farolas

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 0.904 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 105.22\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 7.465s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.22. Magnetotérmico para Maniobra

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ \text{Desconocida} < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 6 A.

$$I_{cc\ min} = 3423.128\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 30 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 60 \rightarrow \text{Curva C}$$



$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 120 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.003s > 0.1s \rightarrow \text{No válido}$$

No nos tiene que preocupar que este cable no cumpla el tiempo máximo que el conductor debe soportar la corriente de cortocircuito, ya que se trata simplemente de un cable para accionar distintas líneas por lo que no tendrá prácticamente corriente.

### 3.5.2.23. Magnetotérmico para Encendido Rápido

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.19 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 122.119\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 5.543s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.24. Magnetotérmico para Encendido 1

$$I_{cc\ max} = 5915.6\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 4.01 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.



$$I_{cc \min} = 123.776 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 5.395s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.25. Magnetotérmico para Encendido 2

$$I_{cc \max} = 5915.6 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \quad 3.51 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc \min} = 122.502 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 5.508s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.26. Magnetotérmico para Encendido 3

$$I_{cc \max} = 5915.6 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \quad 4.01 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.



$$I_{cc \min} = 119.848 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 5.754s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.27. Magnetotérmico para Encendido 4

$$I_{cc \max} = 5915.6 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \quad 3.51 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc \min} = 113.513 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 6.415s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.28. Magnetotérmico para Encendido 5

$$I_{cc \max} = 5915.6 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \quad 4.01 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.



$$I_{cc \min} = 109.496 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 6.894s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.29. Magnetotérmico para Encendido 6

$$I_{cc \max} = 5915.6 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; 4.01 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc \min} = 104.243 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 7.606s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.2.30. Magnetotérmico para Maniobra encendido

$$I_{cc \max} = 5915.6 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \text{Desconocida} < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 6 A.





$$I_{cc \min} = 3434.46 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.003s > 0.1s \rightarrow \text{No válido}$$

No nos tiene que preocupar que este cable no cumpla el tiempo máximo que el conductor debe soportar la corriente de cortocircuito, ya que se trata simplemente de un cable para accionar distintas líneas por lo que no tendrá prácticamente corriente.

### 3.5.3. En cuadro C.S.2.

#### 3.5.3.1. Magnetotérmico para Cuadro ascensor

$$I_{cc \max} = 8389.65 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 10 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \quad 2.52 < I_n < 40$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc \min} = 2894.84 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.158s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$



### 3.5.3.2. Magnetotérmico para Persiana exterior

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 1.64 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 422.129\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.464s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.3.3. Magnetotérmico para Video portero

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ Desconocida < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 313.506\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.841s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$



### 3.5.3.4. Magnetotérmico para T.C. planta baja

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 4.909 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 16 A.

$$I_{cc\ min} = 165.035\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 80 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 3.035s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.3.5. Magnetotérmico para T.C. primera planta

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 4.295 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 16 A.

$$I_{cc\ min} = 141.424\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 80 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva C} \rightarrow \text{No válida}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la B.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 4.133s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$



### 3.5.3.6. Magnetotérmico para T.C. segunda planta

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 3.068 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 16 A.

$$I_{cc\ min} = 216.848\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 80 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.758s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.3.7. Magnetotérmico para T.C. informática 1

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.789 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 16 A.

$$I_{cc\ min} = 261.202\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 80 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.211s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$



### 3.5.3.8. Magnetotérmico para T.C. informática 2

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.789 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 16 A.

$$I_{cc\ min} = 216.848\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 80 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.758s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.3.9. Magnetotérmico para Fluorescentes planta baja

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 30.52 < I_n < 66$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 32 A.

$$I_{cc\ min} = 759.63\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 640 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 5.867s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$



### 3.5.3.10. Magnetotérmico para Emergencias 1

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ Desconocida < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

### 3.5.3.11. Magnetotérmico para Emergencias 2

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ Desconocida < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

### 3.5.3.12. Magnetotérmico para Fluorescentes primera planta

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 45.28 < I_n < 84$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 63 A.

$$I_{cc\ min} = 999.457\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 315 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 630 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 1260 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 8.275s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.3.13. Magnetotérmico para Emergencias 3

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$



El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \text{ Desconocida } < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

#### 3.5.3.14. Magnetotérmico para Emergencias 4

$$I_{cc \max} = 4177.75 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \text{ Desconocida } < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

#### 3.5.3.15. Magnetotérmico para Fluorescentes segunda planta

$$I_{cc \max} = 4177.75 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; 19.91 < I_n < 36$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 30 A.

$$I_{cc \min} = 561.621 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 150 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 300 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 600 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.51s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

#### 3.5.3.16. Magnetotérmico para Emergencias 5

$$I_{cc \max} = 4177.75 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \text{ Desconocida } < I_n < 15$$



Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

### 3.5.3.17. Magnetotérmico para T.C. zona cocina

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 3.06 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 16 A.

$$I_{cc\ min} = 195.488\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 80 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 2.163s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.3.18. Magnetotérmico para Cocina

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 3.76 < I_n < 36$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 25 A.

$$I_{cc\ min} = 515.49\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 125 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 250 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 500 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:





$$t_{mcicc} = 1.792s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.3.19. Magnetotérmico para Lavaplatos

$$I_{cc\ max} = 4177.75\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.761 < I_n < 27$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 20 A.

$$I_{cc\ min} = 365.505\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.584s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.4. En cuadro C.S.3.

#### 3.5.4.1. Magnetotérmico para Compresor

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 52.924 < I_n < 77$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 63 A.

$$I_{cc\ min} = 3283.24\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 315 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 630 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 1260 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.



Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.77s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.4.2. Magnetotérmico para Torno

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 6.766 < I_n < 44$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 2773.28\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.172s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.4.3. Magnetotérmico para Prensa

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 6.495 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 617,721\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.



Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.217s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

#### 3.5.4.4. Magnetotérmico para Taladro

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.382 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 617,721\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.217s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

#### 3.5.4.5. Magnetotérmico para Sierra

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 1.579 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 617,721\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.



Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.217s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.4.6. Magnetotérmico para Máquina de lavado a presión

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 12.404 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 16 A.

$$I_{cc\ min} = 379.257\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 80 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.575s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.4.7. Magnetotérmico para Soldadura móvil

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 12.702 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 16 A.

$$I_{cc\ min} = 109.452\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 80 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 160 \rightarrow \text{Curva C} \rightarrow \text{No válida}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 320 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.



Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 6.9s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

#### 3.5.4.8. Magnetotérmico para Extractor de humos

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.03 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 351.287\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.67s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

#### 3.5.4.9. Magnetotérmico para Cuadro de pintura y lavado

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 8.683 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 351.287\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.



Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.67s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.4.10. Magnetotérmico para Puerta rápida

$$I_{cc\ max} = 6306.36\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 10 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 1.569 < I_n < 36$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 1807.62\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.146s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.4.11. Magnetotérmico para Puerta seccionable

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 1.804 < I_n < 44$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 3516.37\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.



Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.107s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.4.12. Magnetotérmico para Cargador de baterías 1

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 6.928 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 241.049\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.423s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.4.13. Magnetotérmico para Cargador de baterías 2

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 27.713 < I_n < 32$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 30 A.

$$I_{cc\ min} = 538.103\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 150 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 300 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 600 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.



Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.644s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

#### 3.5.4.14. Magnetotérmico para Cargador de baterías 3

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 26.943 < I_n < 32$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 30 A.

$$I_{cc\ min} = 538.103\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 150 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 300 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 600 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.644s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

#### 3.5.4.15. Magnetotérmico para Extractor cabinas

$$I_{cc\ max} = 12664.272\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 5.322 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 351.287\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.





Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.67s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.5. En cuadro C.S.4.

#### 3.5.5.1. Magnetotérmico para C.S.4.

$$I_{cc\ max} = 11960.89\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 22 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 35 < I_n < 44$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 40 A.

$$I_{cc\ min} = 676.621A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 800 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 2.889s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

#### 3.5.5.2. Magnetotérmico para Encendido 7

$$I_{cc\ max} = 1101.504\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 3 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.51 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 258.355\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$



La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.238s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.5.3. Magnetotérmico para Encendido 8

$$I_{cc\ max} = 1101.504\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 3 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.51 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 243,432\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.395s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.5.4. Magnetotérmico para Encendido 9

$$I_{cc\ max} = 1101.504\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 3 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.51 < I_n < 21$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

$$I_{cc\ min} = 223.382\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$



La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 1.656s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.5.5. Magnetotérmico para Maniobra

$$I_{cc\ max} = 1101.504\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 3 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \text{ Desconocida } < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 6 A.

$$I_{cc\ min} = 1703.72\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 30 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 60 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 120 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.01s > 0.1s \rightarrow \text{No válido}$$

No nos tiene que preocupar que este cable no cumpla el tiempo máximo que el conductor debe soportar la corriente de cortocircuito, ya que se trata simplemente de un cable para accionar distintas líneas por lo que no tendrá prácticamente corriente.

### 3.5.5.6. Magnetotérmico para 3 Cuadros T.C.

$$I_{cc\ max} = 2212.54\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 3 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \ 32 < I_n < 44$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 40 A.



$$I_{cc \min} = 537.582 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 800 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 4.576s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.5.7. Magnetotérmico para Puerta seccionable interior

$$I_{cc \max} = 2212.013 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 3 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; 1.801 < I_n < 44$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 40 A.

$$I_{cc \min} = 3508.26 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times I_n = 400 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times I_n = 800 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 0.107s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.5.8. Magnetotérmico para Puerta seccionable exterior

$$I_{cc \max} = 2212.013 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 3 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; 1.801 < I_n < 18.5$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.



$$I_{cc\ min} = 139.827\ A$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times I_n = 50 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times I_n = 100 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times I_n = 200 \rightarrow \text{Curva D y MA} \rightarrow \text{No válida}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la C.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = 4.228s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$

### 3.5.6. En cuadro de tomas de corriente

#### 3.5.6.1. Magnetotérmico para iluminación

$$I_{cc\ max} = 1101.239\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 6 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \text{ Desconocida} < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 10 A.

#### 3.5.6.2. Magnetotérmico para T.C. trifásica

$$I_{cc\ max} = 2211.48\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 3 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; 16 < I_n < 24$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 20 A.

#### 3.5.6.3. Magnetotérmico para 2 T.C. monofásicas

$$I_{cc\ max} = 1101.239\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 3 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; 16 < I_n < 27$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 20 A.



### 3.5.7. En Centro de Transformación

#### 3.5.7.1. Magnetotérmico para Iluminación

$$I_{cc\ max} = 6534.091\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 10 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.1 < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 6 A.

#### 3.5.7.2. Magnetotérmico para Iluminación de emergencia

$$I_{cc\ max} = 6534.091\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 10 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.1 < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 6 A.

#### 3.5.7.3. Magnetotérmico para Tomas de corriente

$$I_{cc\ max} = 6534.091\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 10 KA.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm};\ 2.1 < I_n < 15$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 6 A.

### 3.6. Cálculo de las protecciones diferenciales

				DIFERENCIALES	
CUADRO		RECEPTOR	I (A)	SENSIBILIDAD	POLOS
C.T.		B.T.	10	30	2
C.G.P.		C.G.P.	630	500	4
C.G.P.		C.S.1			
C.G.P.		C.S.2			
C.G.P.		C.S.3			
C.S.1.		Magneto CS1			



C.S.2.		Magneto CS2			
C.S.3.		Magneto CS3			
C.S.1	Encendido rápido	1	63	30	4
C.S.1	Encendido 1	2			
C.S.1	Encendido 2	3			
C.S.1	Encendido 3	4			
C.S.1	Encendido 4	5	40	30	4
C.S.1	Encendido 5	6			
C.S.1	Encendido 6	7			
C.S.1	Maniobra	8			
C.S.1	Letrero 1	9	63	30	4
C.S.1	Letrero 2	10			
C.S.1	Letrero 3	11			
C.S.1	Maniobra	12			
C.S.1	Iluminación farolas	13	40	30	2
C.S.1	Focos exteriores	14			
C.S.1	Maniobra	15			
C.S.2	Fluorescentes	16			
C.S.2	Emergencias 1	17	40	30	2
C.S.2	Emergencias 2	18			
C.S.2	Fluorescentes	19			
C.S.2	Emergencias 3	20			
C.S.2	Emergencias 4	21	40	30	2
C.S.2	Fluorescentes	22			
C.S.2	Emergencias 5	23			
C.S.4	Encendido 7	24			
C.S.4	Encendido 8	25	40	30	2
C.S.4	Encendido 9	26			
C.S.4	Maniobra	27			
C.S.1	Cuadro secundario 4	28			
C.S.1	Puente grúa 10 Tn	29	40	300	4
C.S.1	Puente grúa 5 Tn	30	40	300	4
C.S.1	11 Cuadros tomas de corriente	31			
C.S.1	12 Cuadros tomas de corriente	32			
C.S.1	7 Cuadros tomas de corriente	33			
C.S.1	Aerotermos	34	40	300	2
C.S.1	Aerotermos	35			
C.S.1	Aerotermos	36			
C.S.1	Aerotermos	37			



C.S.1	Puerta exterior	38	40	300	4
C.S.1	Barrera	39			
C.S.1	Portero	40			
C.S.1	Alarma	41			
C.S.1	Cuadro aire acondicionado	42	63	300	4
C.S.2	Cuadro ascensor	43	40	300	4
C.S.2	Persiana exterior	44	40	30	2
C.S.2	Video portero	45	40	300	2
C.S.2	T.C. Planta baja	46			
C.S.2	T.C. Primera planta	47			
C.S.2	T.C. Segunda planta	48			
C.S.2	T.C. Informática 1	49	40	300	2
C.S.2	T.C. Informática 2	50	40	300	2
C.S.2	T.C. Zona cocina	51			
C.S.2	Cocina	52			
C.S.2	Lavaplatos	53			
C.S.3	Compresor	54	63	300	4
C.S.3	Torno	55	40	300	4
C.S.3	Prensa	56			
C.S.3	Taladro	57			
C.S.3	Sierra	58			
C.S.3	Máquina de lavado a presión	59	40	300	4
C.S.3	Soldadura móvil	60	40	300	4
C.S.3	Extractor de humos	61	40	300	4
C.S.3	Cuadro pintura y lavado	62			
C.S.3	Puerta rápida	63			
C.S.3	Puerta seccionable	64			
C.S.3	Cargador de baterías 1	65	40	300	4
C.S.3	Cargador de baterías 2	66			
C.S.3	Cargador de baterías 3	67			
C.S.3	Extractor cabinas	68	40	300	4
C.S.4	3 Cuadros toma de corriente	69			
C.S.4	Puerta seccionable interior	70	40	300	4
C.S.4	Puerta seccionable exterior	71			
C.S.4.	C.S.4.				



C. T.C.	Cuadros toma corriente1		40	300	4
C. T.C.	Cuadros toma corriente2				
C. T.C.	Iluminación		40	30	2

## 4. Compensación de la reactiva

### 4.1. Dimensiones de la batería

La potencia total prevista en la nave es de 188090,001 W, y aplicando un factor de simultaneidad de 0.9, obtenemos una potencia total de 169281.001 W.

Hallamos el ángulo  $\varphi$  del circuito a partir de la siguiente fórmula:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{169281.001}{226871.44} = 0.75$$

Por lo que con este valor obtenemos que  $\varphi$  es:

$$\varphi = 41.41$$

Teniendo en cuenta el ángulo de desfase hallado mediante el factor de potencia, la potencia reactiva será:

$$Q = S \times \sin\varphi = 226871.44 \times 0.6614 = 150061 \text{ VAr}$$

Lo que queremos es obtener un factor de potencia cercano a 1, en nuestro caso, hemos elegido 0.97. Entonces, con este factor, la potencia reactiva será:

$$Q' = S \times \sin\varphi' = 226871.44 \times 0.243 = 55153.56 \text{ VAr}$$

Por lo tanto, la potencia reactiva a compensar será:

$$Q_{\text{Comp}} = Q - Q' = 94907.44 \text{ VAr}$$

Por lo que colocaremos al lado del Cuadro General de BT una batería automática de condensadores con interruptor automático de 105 KVar. Esta dispone de 7 escalones, los cuales saltarán en función de la potencia reactiva que se esté consumiendo en cada momento.

El equipo de compensación de esta gama consiste en una batería compuesta por tres condensadores (con 3 salidas), de tal manera que la segunda salida tiene el doble de potencia que la primera, y la tercera el doble que la segunda, por lo que se conectan a la red de la siguiente manera:

- Primera salida.
- Segunda salida.
- Primera y segunda salida.
- Tercera salida.
- Tercera y primera salida.
- Tercera y segunda salida.
- Tercera, segunda y primera salida.



Estas regulaciones serán en escalones de 15 KVAr. El equipo escogido será de 105 KVAr, de escalones 7x15 con batería Rectimat 2 estándar de 400 V.

#### 4.2. Dimensiones de la conexión

Para dimensionar la línea que conectará las baterías a la salida de los contadores debemos introducir unos datos de partida, tales como la tensión (400V), la longitud (49m), la potencia reactiva (94907.44 VAr) y el coeficiente de mayoración de ella (1.6, ya que debe estar entre 1.5 y 1.8 tal y como dice la ITC-REBT 48).

##### Criterio térmico

$$I = \frac{Cm \times Q_{comp}}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} = \frac{1.6 \times 94907.44}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.97} = 225.96 \text{ A}$$

Como se trata en uno de sus tramos de una línea subterránea que lleva 3 cables juntos, debemos mirar el coeficiente de corrección que debemos aplicar en la tabla correspondiente de la ITC-REBT 07 (0.7).

$$I_{calc} = \frac{I}{F_c} = \frac{225.96}{0.7} = 322.8 \text{ A}$$

Con esta intensidad ya iremos a la tabla de la ITC-REBT 07 y veremos que sección es necesaria (95 mm<sup>2</sup>).

#### **Derivación Individual 3x95 mm<sup>2</sup> Cu + TTx50 mm<sup>2</sup> Cu**

**Fase                      Neutro                      C.P.**

**El aislamiento será XLPE y el diámetro exterior de los tubos será de 140 mm (ITC-REBT 21).**

### 5. Cálculo del centro de transformación

#### 5.1. Datos del fabricante

Un vez que tenemos la potencia Straf, calculada en el apartado 3.2 y cuyo valor es 226871.44 VA debemos adoptar el transformador y pedir sus datos al fabricante. Adoptaremos el transformador inmediatamente superior al valor de la potencia, que será el de 250 KVA, pero como se encuentra bastante cercano en cuanto a potencia instalaremos el de 400 KVA, proveyendo posibles ampliaciones en la empresa. El transformador que escogemos es un transformador ORMAZABAL de 400 KVA, aislado mediante aceite y con un nivel de aislamiento de 24KV. El transformador elegido será de “llenado integral”.



	Datos del Transformador
Potencia del transformador (KVA)	400
Pérdidas en el hierro (W)	930
Pérdidas en el cobre (W)	4600
Pérdidas del transformador (W)	5530
Porcentaje de tensión de cortocircuito (%)	4
Potencia de cortocircuito de la red (MVA)	400
Dieléctrico (Aceite) (L)	350

### 5.1.1. Intensidad en el primario y en el secundario

La intensidad de cortocircuito se puede calcular tanto en el primario como en el secundario utilizando las siguientes expresiones:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_p} \quad I_s = \frac{S - P_{fe} - P_{cu}}{\sqrt{3} \times U_s}$$

$I_p$  = Intensidad en el primario (A).

$S$  = Potencia del transformador (KVA).

$U_p$  = Tensión primaria (KV).

$I_s$  = Intensidad de secundario (A).

$P_{fe}$  = Pérdidas en el hierro (KW).

$P_{cu}$  = Pérdidas en el cobre (KW).

$U_s$  = Tensión secundaria (KV).

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_p} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 13.2} = 17.495 \text{ A}$$

$$I_s = \frac{S - P_{fe} - P_{cu}}{\sqrt{3} \times U_s} = \frac{400 - 0.93 - 4.6}{\sqrt{3} \times 0.4} = 569.368 \text{ A}$$

### 5.1.2. Corriente de cortocircuito en el lado baja

La intensidad de cortocircuito se puede calcular tanto en el primario como en el secundario utilizando las siguientes expresiones:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_p} \quad I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \left(\frac{U_{cc}}{100}\right) \times U_s}$$

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito de la red (KA).

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red (MVA).

$U_p$  = Tensión primaria (KV).

$S$  = Potencia del transformador (MVA).

$I_{ccs}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria (KA).



$U_{cc}$  = Tensión de cortocircuito en carga (KV).

$U_s$  = Tensión secundaria en carga (KV).

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_p} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 13.2} = 17.495 \text{ KA}$$

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \left(\frac{U_{cc}}{100}\right) \times U_s} = \frac{0.4}{\sqrt{3} \times \left(\frac{4}{100}\right) \times 0.4} = 14.433 \text{ KA}$$

## 5.2. Dimensiones del embarrado

### 5.2.1. Celdas

La gama SM6 está compuesta por unidades modulares bajo envolventes metálicas del tipo compartimentadas equipadas con aparatos de corte y seccionamiento.

Las unidades SM6 son usadas para cumplir con las funciones y requerimientos propios de la media tensión en las estaciones distribuidoras de grandes consumidores, hasta 36 KV.

Las unidades SM6 están concebidas para instalaciones de interior y sus dimensiones reducidas son:

Características SM6 24	Datos (m)	Características del embarrado	Datos
Altura	1,6	Intensidad asignada (A)	630
Anchura	0,375-0,750	Límite térmico 1s (KA)	12,5
Profundidad	0,94	Límite electrodinámico (KA)	31,25

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente, así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

### 5.2.2. Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada 630 A.



### 5.2.3. Comprobación por sollicitación electrodinámica

Según la MIE-RAT 05, la resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \geq \frac{(I_{ccp}^2 \times L^2)}{60 \times d \times W}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} =$$

$S_{max}$  = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores.

Para cobre semiduro 2800Kg/cm<sup>2</sup>

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito de la red (KA).

$L$  = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

$d$  = Separación entre fases, en cm.

$W$  = Módulo resistente de los conductores en cm<sup>3</sup>.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

### 5.2.4. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} = a \times S \times \sqrt{\frac{DT}{t}}$$

$I_{th}$  = Intensidad eficaz (A)

$a$  = 13 para el cobre.

$S$  = Sección del embarrado (mm<sup>2</sup>)

$DT$  = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para el cobre

$t$  = Tiempo de duración del cortocircuito (s).

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$I_{th} = 12.5$  KA durante 1s.



### 5.3. Protecciones de Alta y Baja Tensión.

#### 5.3.1. Alta tensión

La protección se realiza utilizando una celda de ruptofusibles cuya señal alimentará a un disparador de un seccionador de puesta a tierra, que efectuará la protección a sobrecargas, cortocircuitos.

#### 5.3.2. Baja tensión

En el circuito de baja tensión del transformador según RU6302 se instalará una caja de protección. Se instalarán fusibles, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 2843.

La descarga del transformador al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0.6/1 KV 300 mm<sup>2</sup> unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente será de 620 A.

### 5.4. Dimensión de la ventilación del Centro de Transformación

La ventilación del Centro de Transformación se llevará a cabo por medio de ventilación natural en las paredes del mismo, y para evitar la entrada de elementos al interior se instalarán unas rejillas. Entonces, vamos a calcular el caudal de aire necesario:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1.16 \times \Delta T}$$

$W_{cu}$  = Pérdidas en cortocircuito del transformado (4.6 KW).

$W_{fe}$  = Pérdidas en vacío del transformador (0.93 KW).

$\Delta t$  = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

Calculamos la superficie de la rejilla, pero para ello debemos calcular la velocidad del aire:

$$v_s = 4.6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T}$$

$H$  = Distancia entre los centros de las rejillas de entrada y salida (1.9m).

$\Delta t$  = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

$v_s$  = Velocidad del aire (m/s).



$$S_{eficaz\ rejilla} = \frac{Q}{v_s}$$

$S_{eficaz\ rejilla}$  = Superficie mínima de la rejilla de ventilación ( $m^2$ ).

$v_s$  = Velocidad del aire (m/s).

$$S_{rejilla} = 1.4 \times S_{eficaz\ rejilla}$$

$S_{rejilla}$  = Superficie de la rejilla

1.4 = Coeficiente de mayoración de la rejilla del 40% debido a que es el espacio que ocupan las lamas.

Sustituyendo los distintos en valores en la fórmula obtenemos la superficie de la rejilla:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1.16 \times \Delta T} = \frac{4.6 + 0.93}{1.16 \times 15} = 0.3178 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_s = 4.6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T} = 4.6 \times \frac{\sqrt{1.9}}{15} = 0.42271 \text{ m/s}$$

$$S_{eficaz\ rejilla} = \frac{Q}{v_s} = \frac{0.3178}{0.42271} = 0.75182 \text{ m}^2$$

$$S_{rejilla} = 1.4 \times S_{eficaz\ rejilla} = 1.4 \times 0.75182 = 1.0525 \text{ m}^2$$

Así pues, utilizaremos en las paredes del Centro de Transformación 4 rejillas de 1 m de largo por 0.3 metros de ancho.

## 5.5. Dimensión del pozo apagafuegos

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador. En este caso, al tratarse de un edificio prefabricado, el fabricante ya ha dimensionado dicho pozo para que pueda almacenar los 350 litros de dieléctrico que tiene según los datos dados por el mismo fabricante.

En la parte superior del depósito colector del dieléctrico se instalará un dispositivo apagallamas que consiste en unas rejillas metálicas que producen la autoextinción del aceite.

## 5.6. Cálculo de la puesta a tierra

### 5.6.1. Terreno

El terreno en el que se prevé construir la nave se trata de un terreno cultivable poco fértil por lo que su resistividad media es de  $500 \Omega \times m$ . Como el Centro de Transformación se quiere instalar en la misma parcela, la resistividad que consideraremos será la misma.



### 5.6.2. Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes

En instalaciones de Alta Tensión de tensión igual o inferior a 30 KV (de tercera categoría) los aspectos a tener en cuenta para los cálculos de falta a tierra son:

- Tipo de neutro  
Los cálculos variarán si el neutro de la red está aislado, directamente unido a tierra o unido a través de una impedancia.
- Tipo de protecciones de la línea en la subestación más cercana  
Si se produce un fallo en la red, éste se elimina con la apertura de un elemento de corte que se dispara por la indicación de un medidor de corriente.  
Además se pueden producir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a medio segundo.  
El tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 segundo, y los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son de 38.49  $\Omega$ .

Con estos datos y la normativa MIE-RAT 13 podemos obtener los datos de “K y n” para así poder calcular la intensidad máxima de puesta a tierra.

$$K = 78.5 \text{ y } n = 0.18$$

Así pues, la intensidad máxima de defecto la podremos calcular introduciendo los datos en la siguiente fórmula:

$$Id_{m\acute{a}x} = \frac{U_{p \text{ m}\acute{a}x}}{\sqrt{3} \times Z_n}$$

$Id_{m\acute{a}x}$  = Intensidad de defecto máxima (A).

$U_{p \text{ m}\acute{a}x}$  = Tensión del primario máxima (V).

$Z_n$  = Valor de la impedancia de puesta a tierra del neutro ( $\Omega$ ).

En un futuro próximo se prevé que la tensión de servicio de Media Tensión pase de 13.2 KV a 20 KV, y al producirse esta circunstancia, la instalación de tierra deberá cumplir la normativa para seguir en funcionamiento, por lo que deberemos dimensionarla para la situación más desfavorable. Por lo tanto, los cálculos se deberán realizar para una tensión de 20 KV.

$$Id_{m\acute{a}x} = \frac{U_{p \text{ m}\acute{a}x}}{\sqrt{3} \times Z_n} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 38.49} = 300 \text{ A}$$

### 5.6.3. Diseño de la instalación de tierra

Para los cálculos a realizar se emplearán las expresiones y procedimientos del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del Centro de Transformación objeto de cálculo.





### 5.6.3.1. Tierra de protección

A este sistema se conectarán las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas, carcasas de los transformadores, edificio prefabricado, puertas de acceso, rejillas de ventilación,...

- Código 70-60/5/46 del método de cálculo de tierras de UNESA. Este código indica:
  - Con los 2 primeros números (70), el largo de la tierra de protección en dm.
  - Con los 2 siguientes números (60), el ancho de la tierra de protección en dm.
  - Con el número entre barras (5), la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de protección en dm.
  - Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
  - Con el último número (6), se indica la longitud de las picas en metros.
- Parámetros característicos:

$$Kr = 0.056 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0.0113 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 6 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 4 y 5 m, dependiendo del lado. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kp y Kr de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1KV protegido contra daños mecánicos.

### 5.6.3.2. Tierra de servicio

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.



Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación.

- Código 5/44 del método de cálculo de tierras de UNESA.
  - Con el primer número (5), se indica la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de servicio en dm.
  - Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
  - Con el último número (4), se indica la longitud de las picas en metros.
- Parámetros característicos:

$$Kr = 0.0572 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0.00919 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción

Estará constituida por 4 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 6m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kp y Kr de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> aislado de 0.6/1KV bajo tubo de plástico con grado de protección contra daños mecánicos de 7 como mínimo.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω. Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 300 mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V (=37 x 300).

Existirá una separación mínima entre picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.



### 5.6.4. Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra

#### 5.6.4.1. Tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (Rt), intensidad y tensión de defecto correspondientes (Id, Ud), utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$R_t = Kr \times \rho$$

$$Id = \frac{U_{p \text{ máx}}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

$$Ud = Id \times R_t$$

$R_t$  = Resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )

$$Kr = 0.056 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$\rho = 500 (\Omega \times m)$$

$Id$  = Intensidad de defecto (A)

$U_{p \text{ máx}}$  = Tensión del primario máxima (V).

$R_n$  y  $X_n$  = Dan valor a la impedancia de puesta a tierra del neutro:

$$Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \sqrt{38.49^2 + 0^2} = 38.49 \Omega$$

$Ud$  = Tensión de defecto (V)

Cálculo:

$$R_t = Kr \times \rho = 0.056 \times 500 = 28 \Omega$$

$$Id = \frac{U_{p \text{ máx}}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times \sqrt{(38.49 + 30.5)^2 + 0^2}} = 167.37 \text{ A}$$

$$Ud = Id \times R_t = 167.37 \times 28 = 4686.36 \text{ V}$$

El aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión del Centro de Transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), por lo que deberá ser como mínimo 10000V.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del Centro.

Comprobamos además que la intensidad de defecto calculada es superior a 100A, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

Resumiendo:

- Configuración: 70-60/5/46

- Geometría: Anillo
- Dimensiones: 5x4 metros
- Profundidad del electrodo: 0.5 metros
- Número de picas: 4
- Resistencia  $Kr=0.056 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso  $Kp=0.0113 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$
- Tensión de contacto  $Kc=0.0215 \left( \frac{V}{\Omega \times m \times A} \right)$

#### 5.6.4.2. Tierra de servicio

Con el valor correspondiente al electrodo elegido y multiplicando por la resistividad del terreno, se obtiene el valor de la resistencia de tierra de servicio.

$$R_t = Kr \times \rho$$

Cálculo:

$$R_t = Kr \times \rho = 0.0572 \times 500 = 28.6\Omega < 37\Omega$$

Resumiendo:

- Configuración: 5/44
- Geometría: picas en hilera
- Profundidad del electrodo: 0.5 metros.
- Número de picas: 4
- Longitud de las picas: 4 metros
- Distancia entre picas: 6 metros
- Resistencia  $Kr=0.0572 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso  $Kp=0.00919 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$

#### 5.6.5. Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus parámetros tendrán una resistencia de 100000 $\Omega$ .

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_{p\ ext} = Kp \times \rho \times Id = 0.0113 \times 500 \times 167.37 = 945.64\ V$$



### 5.6.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electro-soldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro de Transformación. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:

$$U_{p\text{ acceso}} = Kc \times Id \times \rho = 0.0215 \times 167.37 \times 500 = 1799.228 \text{ V}$$

### 5.6.7. Cálculo de las tensiones máximas aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada que puede aceptarse según el reglamento MIE-RAT 13 es:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

$U_{ca}$  = Tensión máxima de contacto aplicada (V).

$K = 78.5$

$t = 1\text{s}$ . Duración de la falta en segundos

$n = 0.18$

Cálculo:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n} = \frac{78.5}{1^{0.18}} = 78.5 \text{ V}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro de Transformación, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_{p\text{ exterior}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1000}\right)$$

$$U_{p\text{ exterior}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000}\right)$$

$U_p$  = Tensión de paso (V).

$K = 78.5$

$n = 0.18$

$t = 1$  Duración de la falta (segundos).

$\rho = 500$  Resistividad del terreno ( $\Omega\text{xm}$ ).



$\rho_H = 3000$  Resistividad del terreno ( $\Omega\text{m}$ ).

Calculamos:

$$U_{p\text{ exterior}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1000}\right) = 10 \times \frac{78.5}{1^{0.18}} \times \left(1 + \frac{6 \times 500}{1000}\right) = 3140 \text{ V}$$

$$U_{p\text{ acceso}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000}\right)$$

$$= 10 \times \frac{78.5}{1^{0.18}} \times \left(1 + \frac{3 \times 500 + 3 \times 3000}{1000}\right) = 6672.5 \text{ V}$$

Comprobamos que los valores calculados son inferiores a los admisibles por reglamento:

$$U_{p\text{ ext}} = 945.64 \text{ V} < U_{p\text{ exterior}} \text{ (MIE - RAT)} = 3140 \text{ V}$$

$$U_{p\text{ acceso}} = 1799.228 \text{ V} < U_{p\text{ acceso}} \text{ (MIE - RAT)} = 6672.5 \text{ V}$$

#### 5.6.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones de los usuarios, cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima  $D_{\min}$ , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\min} = \frac{\rho \times Id}{2 \times 1000 \times \pi} = \frac{500 \times 167.37}{2000 \times \pi} = 13.32 \text{ m}$$

#### 5.6.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirán éstas mediante la disposición de una capa aislante en la tierra del centro, con una alfombra aislante en el suelo del Centro o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

## 6. Cálculo de la puesta a tierra

La puesta a tierra se realiza para limitar la tensión que, con respecto a tierra, pueden llegar a alcanzar en un momento determinado las masas metálicas, y para asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone las averías eléctricas en los receptores, es decir, desvía al terreno las intensidades de defecto.



A la hora de llevar a cabo este cálculo debemos comprobar que la red de tierras proyectada cumple tanto con la ITC-REBT 18 como con la ITC-REBT 24.

La tensión de contacto que estableceremos como la máxima será de 24V, por lo que la resistencia de tierra calculada multiplicada por la corriente máxima que permite los dispositivos de protección no debe sobrepasar dicho valor.

$$Ra \times Ia < U$$

Ra= Resistencia de puesta a tierra junto con los conductores de protección.

Ia= Intensidad máxima que soporta el dispositivo de protección.

U= Tensión de contacto máxima permitida.

### 6.1. Red de tierra

Para el cálculo de la resistencia de tierra tendremos en cuenta las siguientes ecuaciones:

- Para las picas

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} \quad R_{pt} = n \times R_p$$

$R_p$ =Resistencia de una pica.

$R_{pt}$  = Resistencia de las picas usadas.

$n$  = Número de picas.

$\rho$  = Resistividad del terreno ( $\Omega \times m$ ).

$L_1$ = Longitud de pica (m).

- Para el conductor desnudo

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2}$$

$R_c$  = Resistencia del cable ( $\Omega \times m$ ).

$L_2$  = Longitud del conductor (m).

Una vez que tenemos las expresiones debemos saber la longitud de las picas que vamos a utilizar, la longitud del cable desnudo y la resistividad del terreno:

$\rho = 500\Omega \times m$  (Terreno cultivable poco fértil).

Longitud cable enterrado (m) = 415 m.

Número de picas de 1.4 m= 5.

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} = \frac{500}{1.4} = 375.14\Omega$$

$$R_{pt} = n \times R_p = 5 \times 375.14 = 1785.71\Omega$$

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2} = \frac{2 \times 500}{415} = 2.41\Omega$$



La resistencia total de tierra la hallaremos mediante el paralelo entre la resistencia de las picas y la del cable:

$$\frac{1}{Ra} = \frac{1}{R_{pt}} + \frac{1}{R_c} = \frac{1}{1785.71} + \frac{1}{2.41} = 2.41\Omega$$

$$Ra = 2.41\Omega$$

Una vez calculada la resistencia de tierra debemos ver si se cumple el reglamento:

$$U_c = Ra \times Ia = 2.41 \times 0.03 = 0.072V < 24V \rightarrow \text{Se cumple el reglamento.}$$

## 7. Resumen secciones y protecciones

LÍNEA	CONDUCTOR	NEUTRO	C.P.	DESIGNACIÓN
DI	300	150	No	3x300+1x150
C.S.1	95	95	50	4x95+1G50
C.S.2	50	50	25	4x50+1G25
C.S.3	185	95	95	3x95+2G50
1	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
2	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
3	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
4	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
5	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
6	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
7	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
8	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
9	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
10	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
11	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
12	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
13	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
14	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
15	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
16	16	16	16	3G16
17	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
18	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
19	25	25	16	2x25+1G16
20	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
21	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
22	6	6	6	3G6





23	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
24	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
25	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
26	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
27	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
28	10	10	10	5G10
29	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
30	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
31	10	10	10	5G10
32	10	10	10	5G10
33	10	10	10	5G10
34	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
35	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
36	16	16	16	3G16
37	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
38	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
39	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
40	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
41	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
42	25	25	16	2x25+1G16
43	10	10	10	5G10
44	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
45	1,5	1,5	4	2x1,5+1G4
46	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
47	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
48	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
49	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
50	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
51	2,5	2,5	4	2x2,5+1G4
52	6	6	6	3G6
53	4	4	4	3G4
54	25	25	16	4x25+1G16
55	10	10	10	5G10
56	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
57	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
58	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
59	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
60	4	4	4	5G4
61	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
62	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
63	6	6	6	3G6



64	10	10	10	5G10
65	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
66	6	6	6	5G6
67	6	6	6	5G6
68	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4
69	10	10	10	5G10
70	10	10	10	5G10
71	2,5	2,5	4	4x2,5+1G4

			MAGNETOS			DIFERENCIALES		
Cuadro		Receptor	PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos
C.T.		Luz	10	6	C	10	30	2
C.T.		Luz E.	10	6	C			
C.T.		T.C.	10	6	C			
C.G.P.		C.G.P.		630		630	500	4
C.G.P.		C.S.1	22	160	C			
C.G.P.		C.S.2	22	100	C			
C.G.P.		C.S.3	22	250	C			
C.S.1.		Magneto CS1	22	160				
C.S.2.		Magneto CS2	10	100				
C.S.3.		Magneto CS3	22	250				
C.S.1	Encendido rápido	1	6	10	C	63	30	4
C.S.1	Encendido 1	2	6	10	C			
C.S.1	Encendido 2	3	6	10	C			
C.S.1	Encendido 3	4	6	10	C			
C.S.1	Encendido 4	5	6	10	C	40	30	4
C.S.1	Encendido 5	6	6	10	C			
C.S.1	Encendido 6	7	6	10	C			
C.S.1	Maniobra	8	6	6	C			
C.S.1	Letrero 1	9	6	10	C	63	30	4
C.S.1	Letrero 2	10	6	10	C			
C.S.1	Letrero 3	11	6	10	C			
C.S.1	Maniobra	12	6	6	C			
C.S.1	Iluminación farolas	13	6	10	C	40	30	2
C.S.1	Focos exteriores	14	6	10	C			
C.S.1	Maniobra	15	6	6	C			



C.S.2	Fluorescentes	16	6	32	C	40	30	2
C.S.2	Emergencias 1	17	6	10				
C.S.2	Emergencias 2	18	6	10				
C.S.2	Fluorescentes	19	6	63	C	40	30	2
C.S.2	Emergencias 3	20	6	10				
C.S.2	Emergencias 4	21	6	10				
C.S.2	Fluorescentes	22	6	30	C	40	30	2
C.S.2	Emergencias 5	23	6	10				
C.S.4	Encendido 7	24	3	10	C	40	30	2
C.S.4	Encendido 8	25	3	10	C			
C.S.4	Encendido 9	26	3	10	C			
C.S.4	Maniobra	27	3	6	C			
C.S.1	Cuadro secundario 4	28	22	40	C			
C.S.1	Puente grúa 10 Tn	29	22	10	C	40	300	4
C.S.1	Puente grúa 5 Tn	30	22	10	C	40	300	4
C.S.1	11 Cuadros tomas de corriente	31	22	40	C			
C.S.1	12 Cuadros tomas de corriente	32	22	40	C			
C.S.1	7 Cuadros tomas de corriente	33	22	40	C			
C.S.1	Aerotermos	34	6	10	B	40	300	2
C.S.1	Aerotermos	35	6	10	C			
C.S.1	Aerotermos	36	6	10	C			
C.S.1	Aerotermos	37	6	10	C			
C.S.1	Puerta exterior	38	22	10	C	40	300	4
C.S.1	Barrera	39	6	10	C			
C.S.1	Portero	40	6	10	C			
C.S.1	Alarma	41	6	10	C			
C.S.1	Cuadro aire acondicionado	42	22	63	C	63	300	4
C.S.2	Cuadro ascensor	43	10	10	C	40	300	4
C.S.2	Persiana exterior	44	6	10	C	40	30	2
C.S.2	Video portero	45	6	10	C			
C.S.2	T.C. Planta baja	46	6	16	C	40	300	2
C.S.2	T.C. Primera planta	47	6	16	B			



C.S.2	T.C. Segunda planta	48	6	16	C			
C.S.2	T.C. Informática 1	49	6	16	C	40	300	2
C.S.2	T.C. Informática 2	50	6	16	C			
C.S.2	T.C. Zona cocina	51	6	16	C	40	300	2
C.S.2	Cocina	52	6	25	C			
C.S.2	Lavaplatos	53	6	20	C			
C.S.3	Compresor	54	22	63	C	63	300	4
C.S.3	Torno	55	22	10	C	40	300	4
C.S.3	Prensa	56	22	10	C			
C.S.3	Taladro	57	22	10	C			
C.S.3	Sierra	58	22	10	C			
C.S.3	Máquina de lavado a presión	59	22	16	C	40	300	4
C.S.3	Soldadura móvil	60	22	16	B	40	300	4
C.S.3	Extractor de humos	61	22	10	C			
C.S.3	Cuadro pintura y lavado	62	22	10	C	40	300	4
C.S.3	Puerta rápida	63	10	10	C	40	300	4
C.S.3	Puerta seccionable	64	22	10	C			
C.S.3	Cargador de baterías 1	65	22	10	C	40	300	4
C.S.3	Cargador de baterías 2	66	22	30	C			
C.S.3	Cargador de baterías 3	67	22	30	C			
C.S.3	Extractor cabinas	68	22	10	C	40	300	4
C.S.4	3 Cuadros toma de corriente	69	3	40	C			
C.S.4	Puerta seccionable interior	70	3	40	C	40	300	4
C.S.4	Puerta seccionable exterior	71	3	10	C			
C.S.4.	C.S.4.		22	40	C			
C. T.C.	Cuadros toma corriente1		3	20		40	300	4

C. T.C.	Cuadros toma corriente2		3	20				
C. T.C.	Iluminación		6	10		40	30	2

PAMPLONA, 30 DE AGOSTO DE 2010

ÁLVARO ITOIZ DONAMARÍA



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

### DOCUMENTO 3: PLANOS

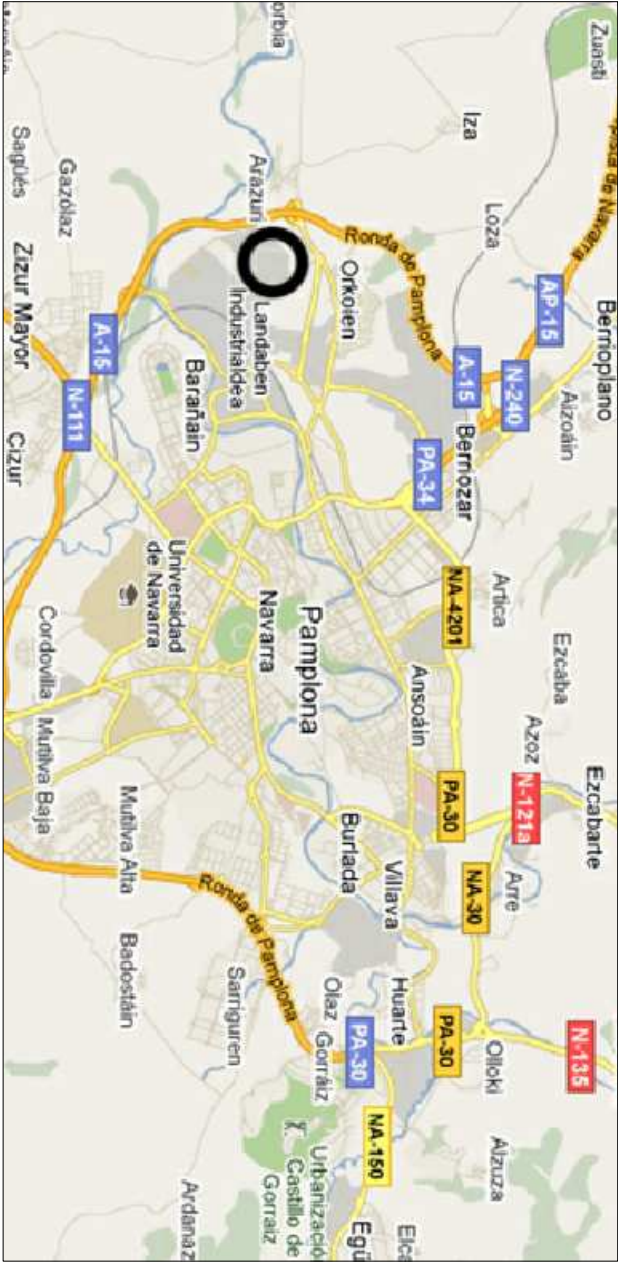
Alumno: Álvaro Itoiz Donamaría

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

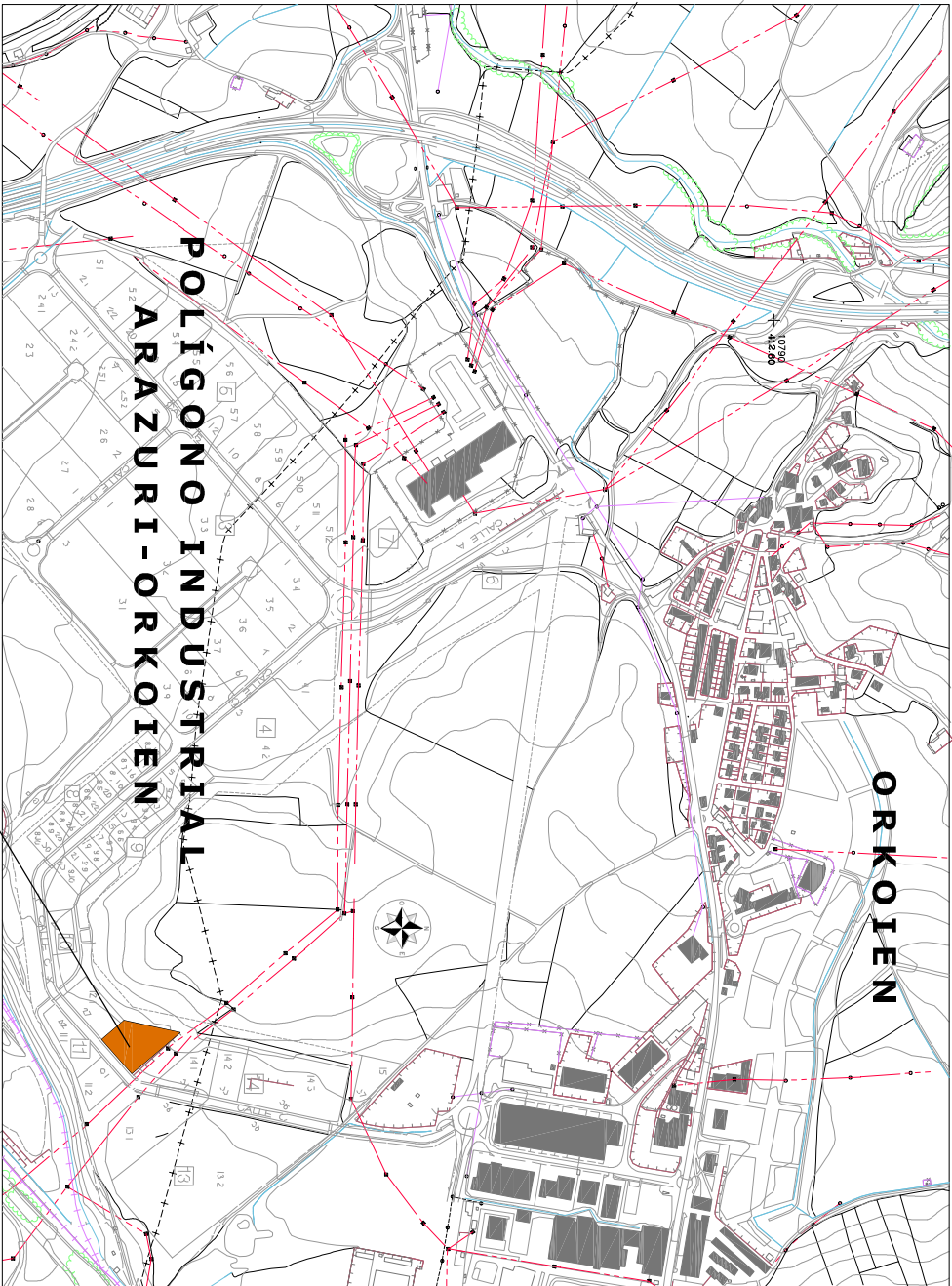
Pamplona, 30 de Agosto de 2010



PLANTA DE EMPLAZAMIENTO



PLANTA DE SITUACIÓN E: 1/12000

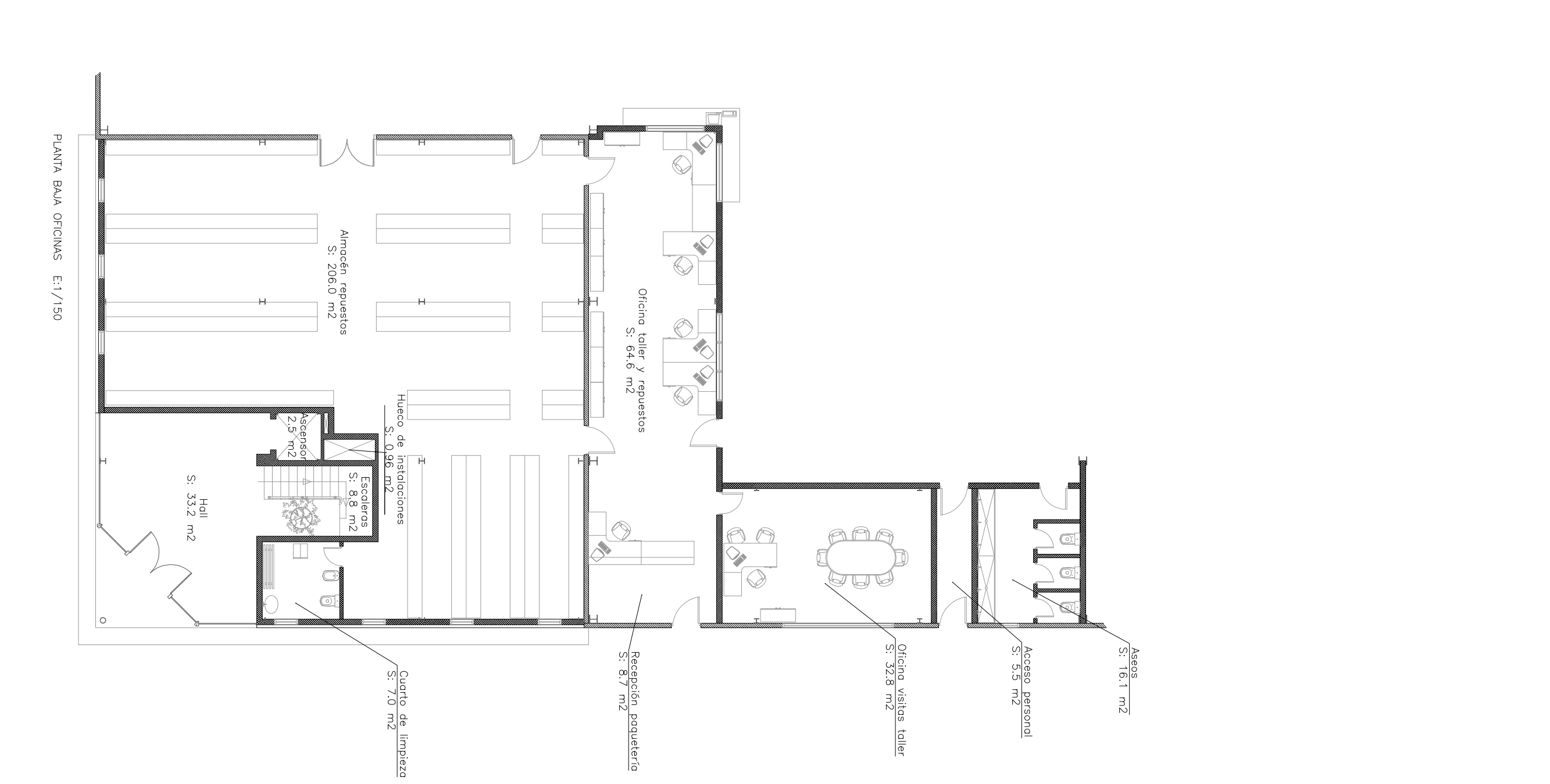
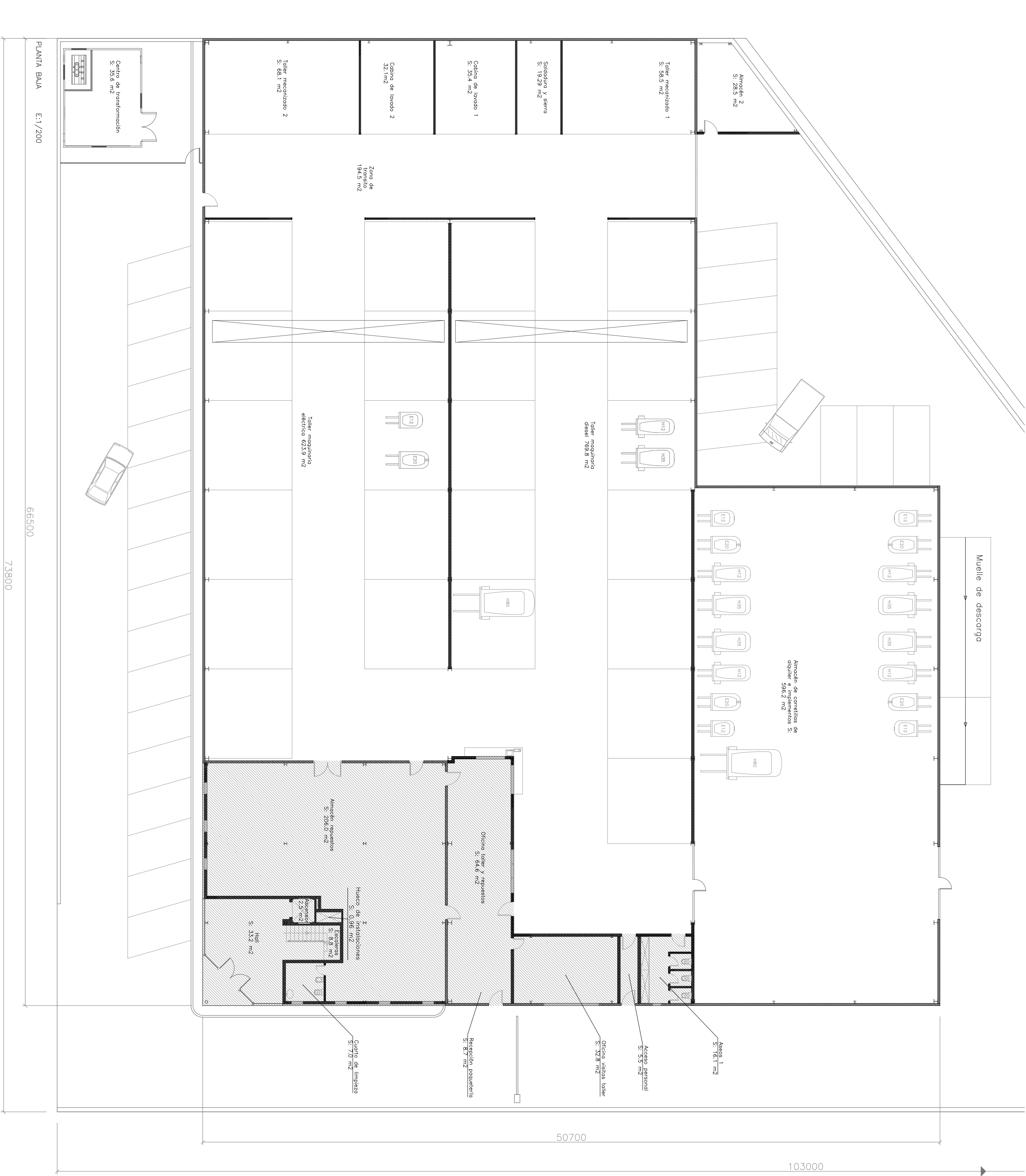


PARCELA OBJETO DE PROYECTO

PLANTA GENERAL E:1/500

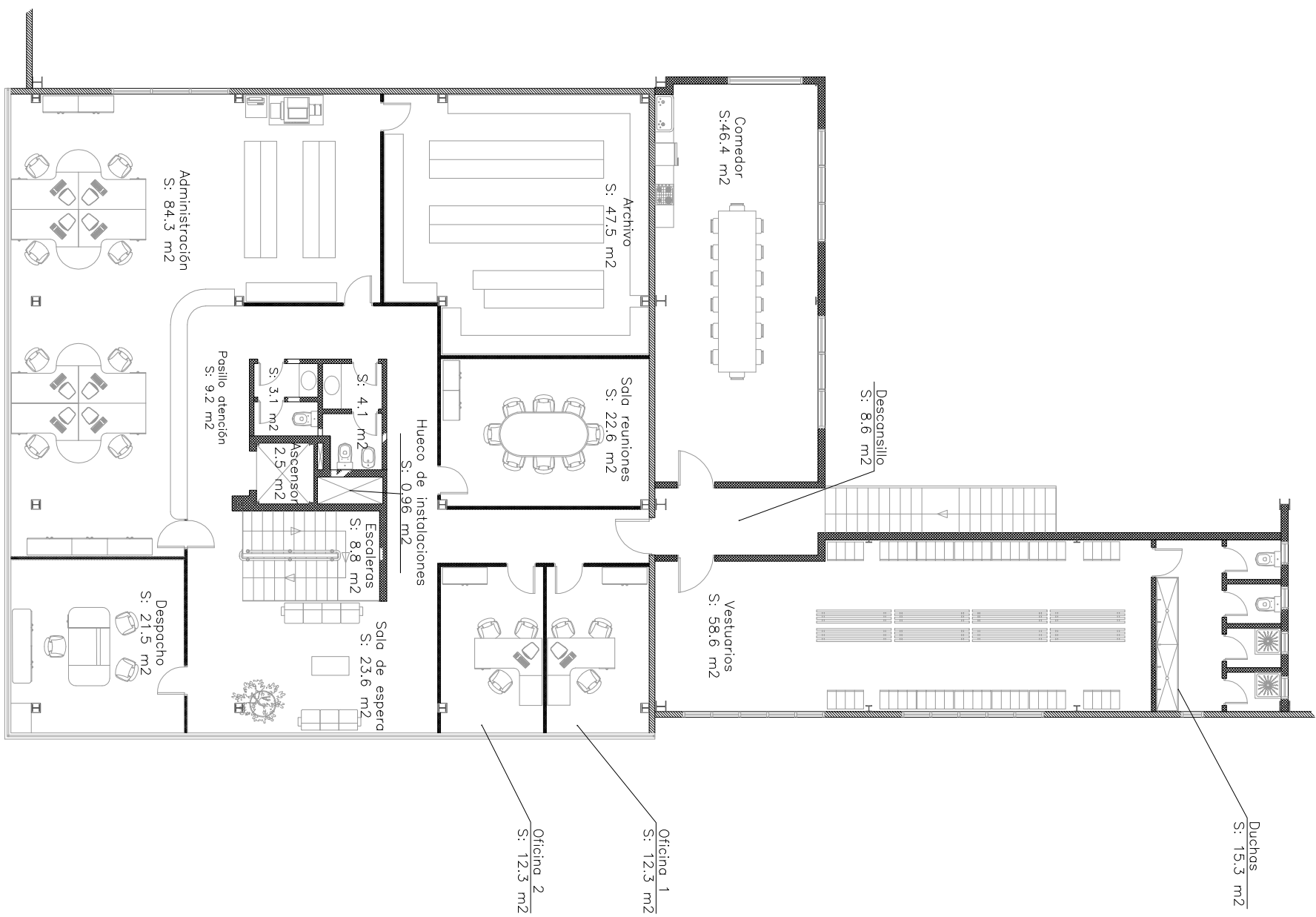


<div><div><div>UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA</div><div>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		<div><div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL</div></div>	
PROYECTO:		REALIZADO:		FIRMA:	
INSTALACION ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		ITOIZ DONAMARÍA, ÁLVARO			
PLANO:		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANOS:	
SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA NAVE		30/08/2010	1 : 500	1	

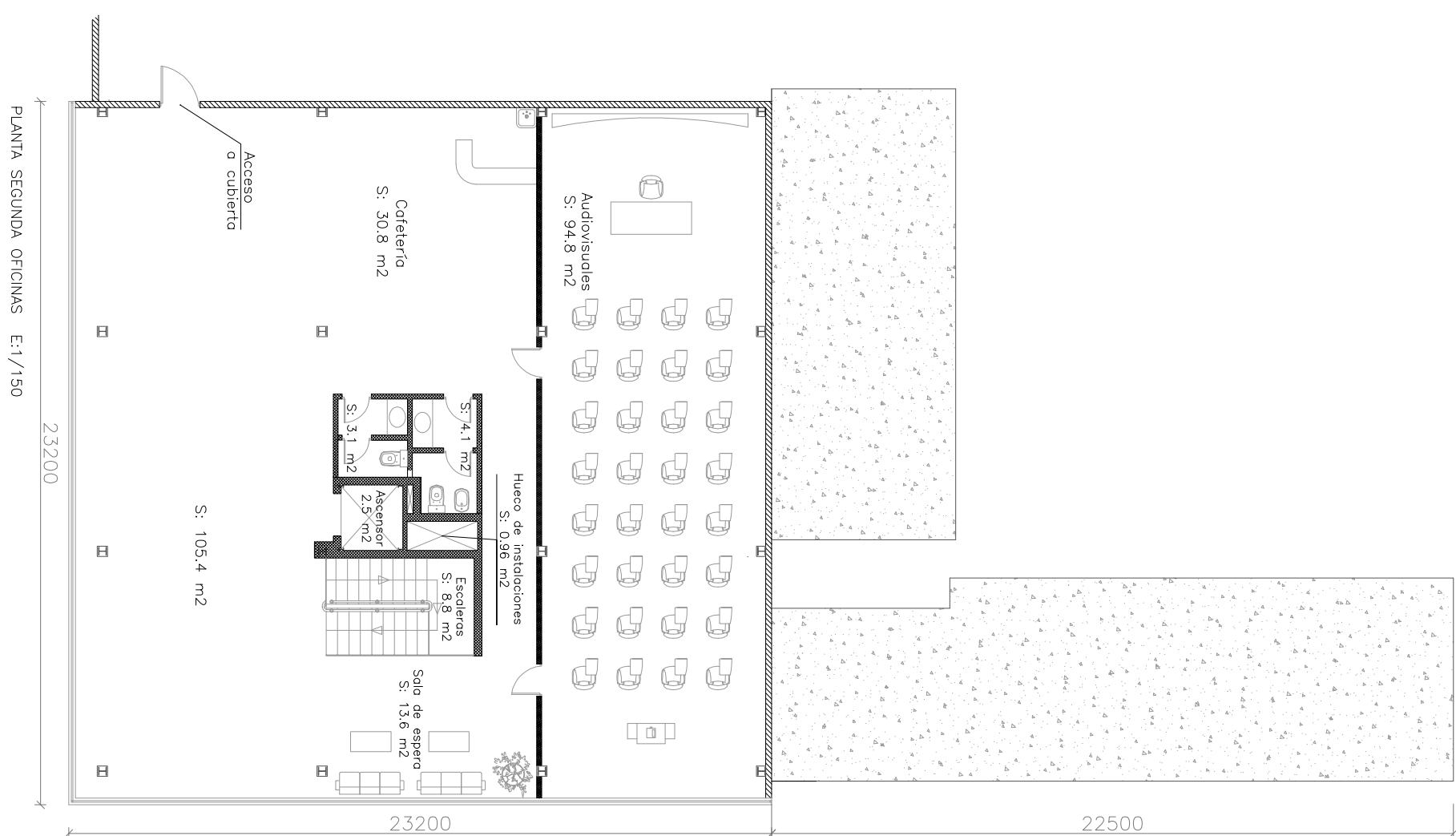


CONSTRUCCIÓN (MATERIALES)				LEYENDA:			
PLACA HORMIGÓN PREFABRICADO e=150 mm.							
BLOQUE HORMIGÓN 150x400mm.							
UNIVERSIDAD PÚBLICA de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa				PROYECTO:			
E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.				REALIZADO:			
INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION				ITOIZ DONAMARÍA, ÁLVARO INGENIERIA RURAL			
FIRMA:				FECHA:			
PLANO:				ESCALA:			
DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIE PLANTA BAJA				30/08/2010			
				1 : 200			
				Nº PLANO:			
				2			







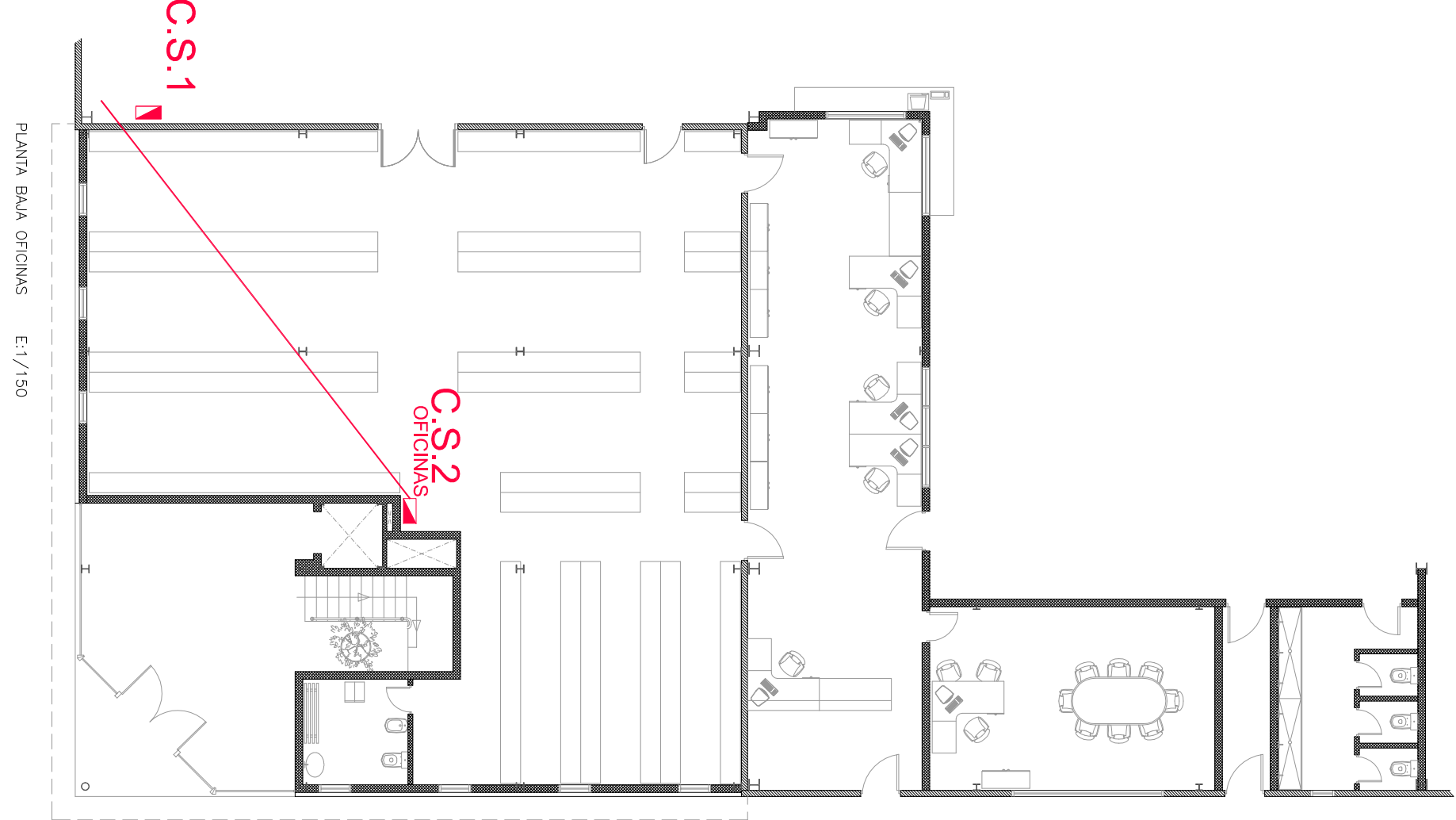
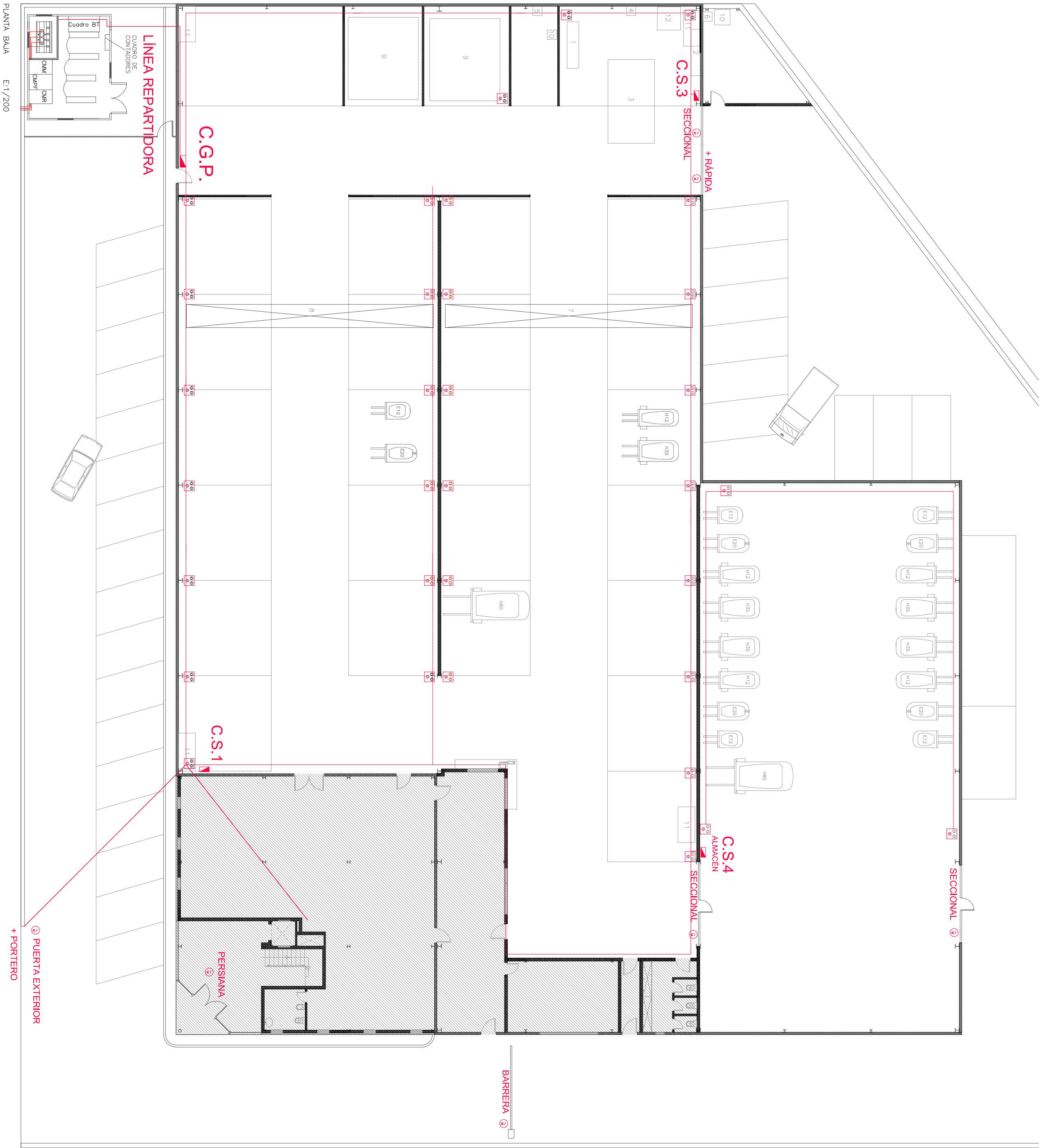


PLANTA PRIMERA OFICINAS E:1/150



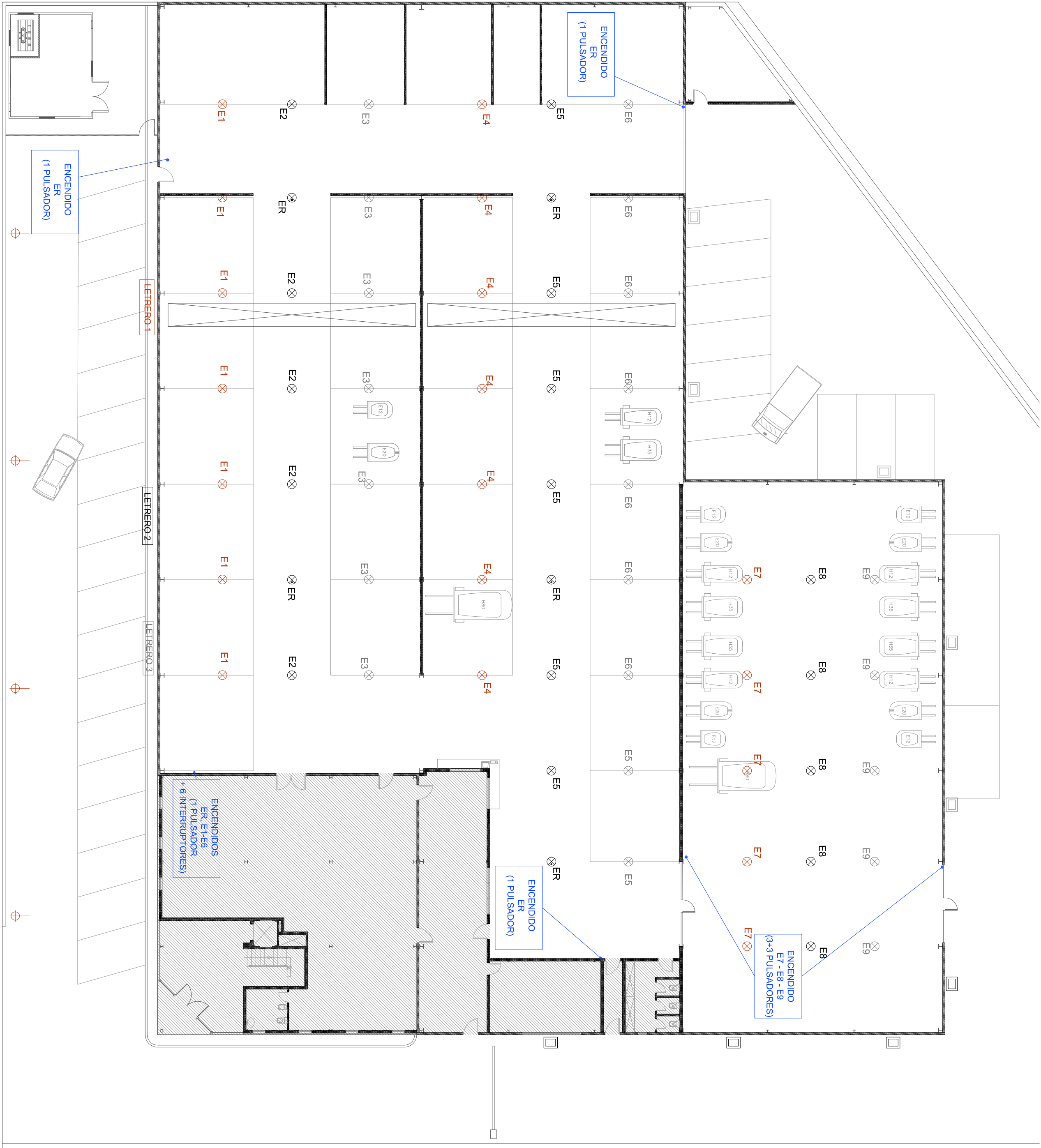
PLANTA SEGUNDA OFICINAS E:1/150

LEYENDA:		
CONSTRUCCIÓN (MATERIALES)		
	PLACA HORMIGÓN PREFABRICADO e=150 mm.	
	BLOQUE HORMIGÓN 150x400mm.	
		
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO</b> <b>TECNICO INDUSTRIAL E.</b>
PROYECTO:  INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION  CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		<b>DEPARTAMENTO DE</b> <b>PROYECTOS E</b> <b>INGENIERIA RURAL</b>
PLANO:  <b>DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIE PLANTAS 1ª Y 2ª</b>	FECHA: 30/08/2010	ESCALA: 1 : 150
FIRMA:		Nº PLANO: 3
REALIZADO:  <b>ITOIZ DONAMARÍA, ÁLVARO</b>		



LEYENDA:			
MAQUINARIA		CONSTRUCCIÓN (MATERIALES)	
1.- TORNO	5,0 KW	9.- CABINA LAVADO	
2.- BANCO DE TRABAJO		10.- MAQUINA LAVADO A PRESION	5,5 KW
3.- PRESNA	4,8 KW	11.- QUEMADOR DE GAS AEROTERMO.	1,5 KW
4.- TALADRO	1,1 KW		
5.- SIERRA	1,0 KW		
6.- COMPRESOR	22 KW		
7.- PUENTE GRUA 10 Tn	3,77 KW		
8.- PUENTE GRUA 5 Tn	3,08 KW		
C.G.P. CUADRO GENERAL INTERIOR DE PROTECCION		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
C.S. CUADRO SECUNDARIO DE PROTECCION		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL	
CONDUCCION ENTERRADA		REALIZADO: ITOIZ DONAMARÍA, ALVARO	
CAJA DE TOMAS DE CORRIENTE (2 monofásicos + 1 trifásico)		FIRMA:	
MOTOR PUERTA EXTERIOR / SECCIONAL / RAPIDA / PERSIANA		FECHA: 30/08/2010	
CONDUCCIONES AÉREAS DE ELECTRICIDAD (POR BANDEA)		ESCALA: 1 : 200	
		Nº PLANO: 4	





PLANTA BAJA E:1/200

LEYENDA:

	LUMINARIA TIPO INDUSTRIAL CON CARCASA DE ALUMINIO. CLASE I		MODULO FLUORESCENTE. 4x54w. ENCASTRADO EN PLACAS FALSO TECHO
	LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS ELIPSODAL 400 w		MODULO FLUORESCENTE. 2x58w
	IDEM CON DISPOSITIVO DE SEGURIDAD		INTERRUPTOR SIMPLE EMPOTRADO
	LUMINARIA DE ALUMINIO CON CIERRE DE METACRILATO. IP-55. CLASE I		CONMUTADOR
	LAMPARA DE ACERO SUELO A TACHADA.		CONMUTADOR DE CRUCE
	(LA ALTURA DE COLOCACION SE DETERMINARA EN OBRA)		ENCHUFE 10/16 A + TT (TIPO SCHUKO)
	PROYECTOR EXTERIOR IP55. 400 w		ENCHUFE 10/16 A + TT, COLOR ROJO (INFORMATICA, TIPO SCHUKO)
	DOWNLIGHT 2x26		TOMA INFORMATICA (RJ-45)
	DOWNLIGHT ESTANCO. 2x18		TOMA DE TELEFONO (RJ-11)

ALTURAS COLOCACIÓN (OFICINAS)

INTERRUPTORES

T.C. OTROS USOS + INFORMATICA	1,10 m
ENCHUFES COCINA USOS VARIOS	0,30 m
ENCHUFES COCINA (APARATOS)	1,10 m
ENCHUFES E INTERRUPTORES BAÑO	0,60 m
	1,10 m

CONSTRUCCIÓN (MATERIALES)

PLACA HORMIGÓN PREFABRICADO e=150 mm
BLOQUE HORMIGÓN 150x400mm.

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL

PROYECTO:

INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION  
CON CENTRO DE TRANSFORMACION

REALIZADO:

ITOIZ DONAMARÍA, ALVARO

FIRMA:

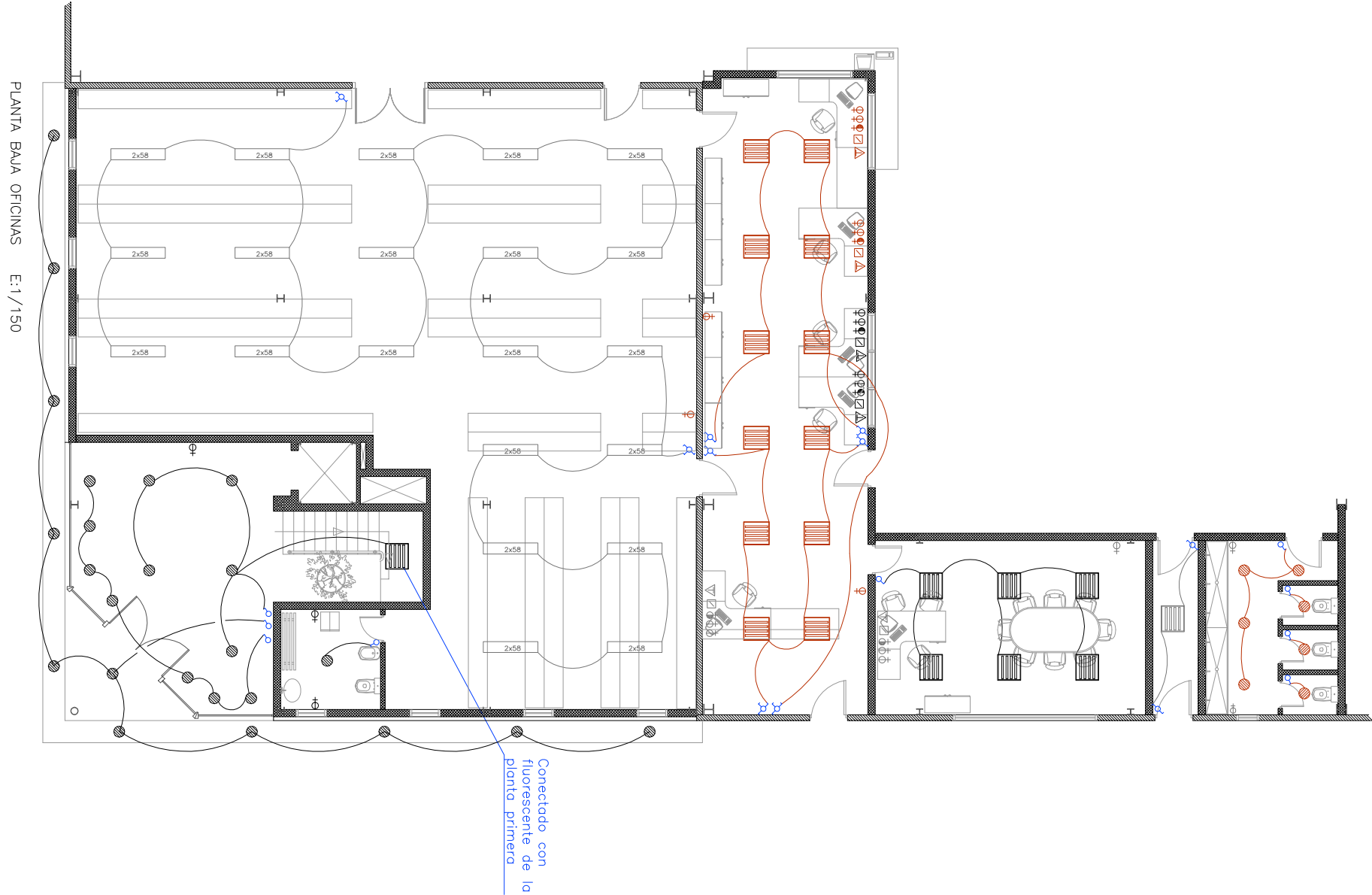
PLANO:

ILUMINACIÓN Y TOMAS DE CORRIENTE PLANTA BAJA

FECHA: 30/08/2010

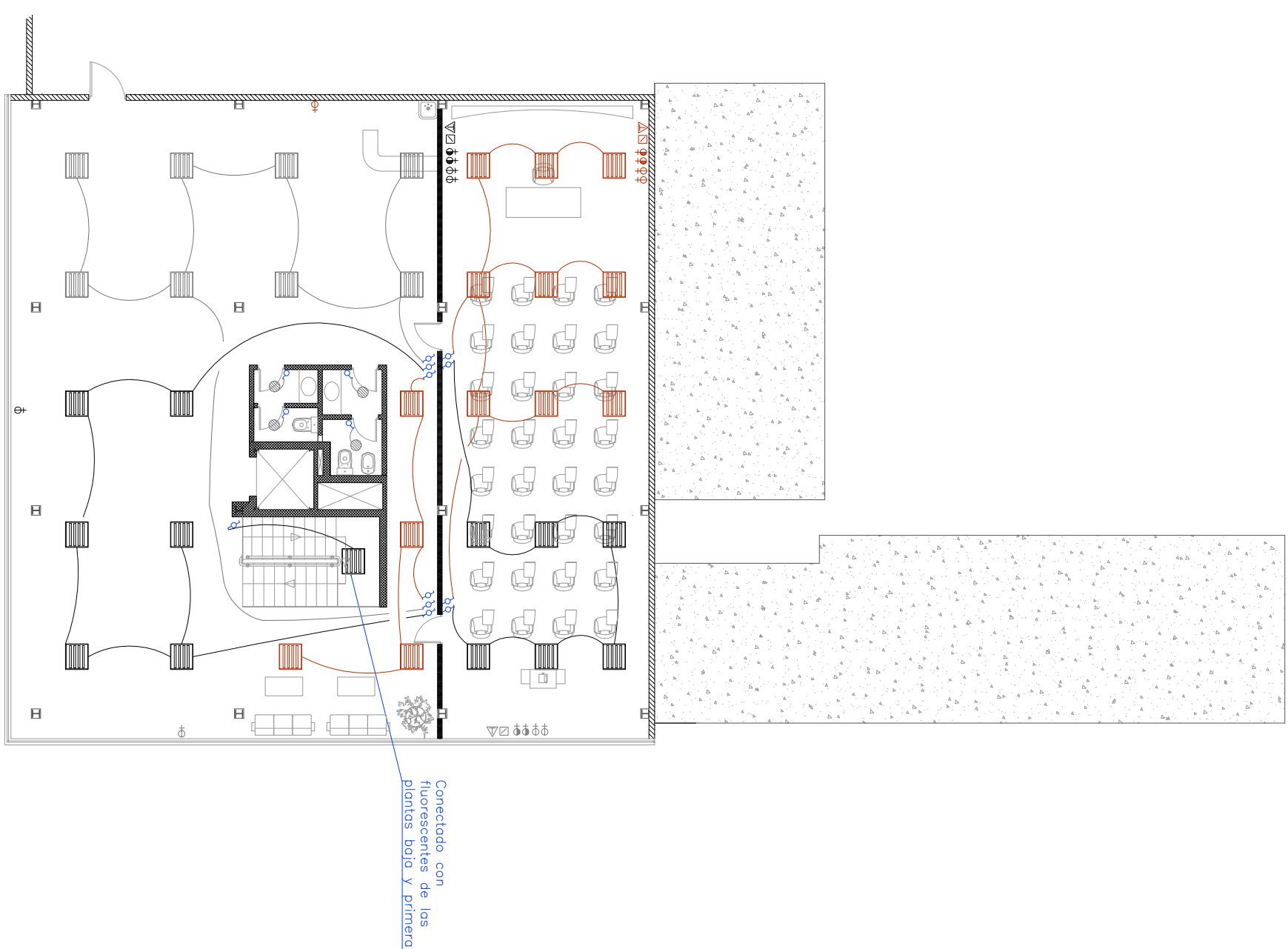
ESCALA: 1 : 200

Nº PLANO: 5


















PLANTA BAJA OFICINAS E:1/150



Conectado con  
fluorescente de la  
planta primera



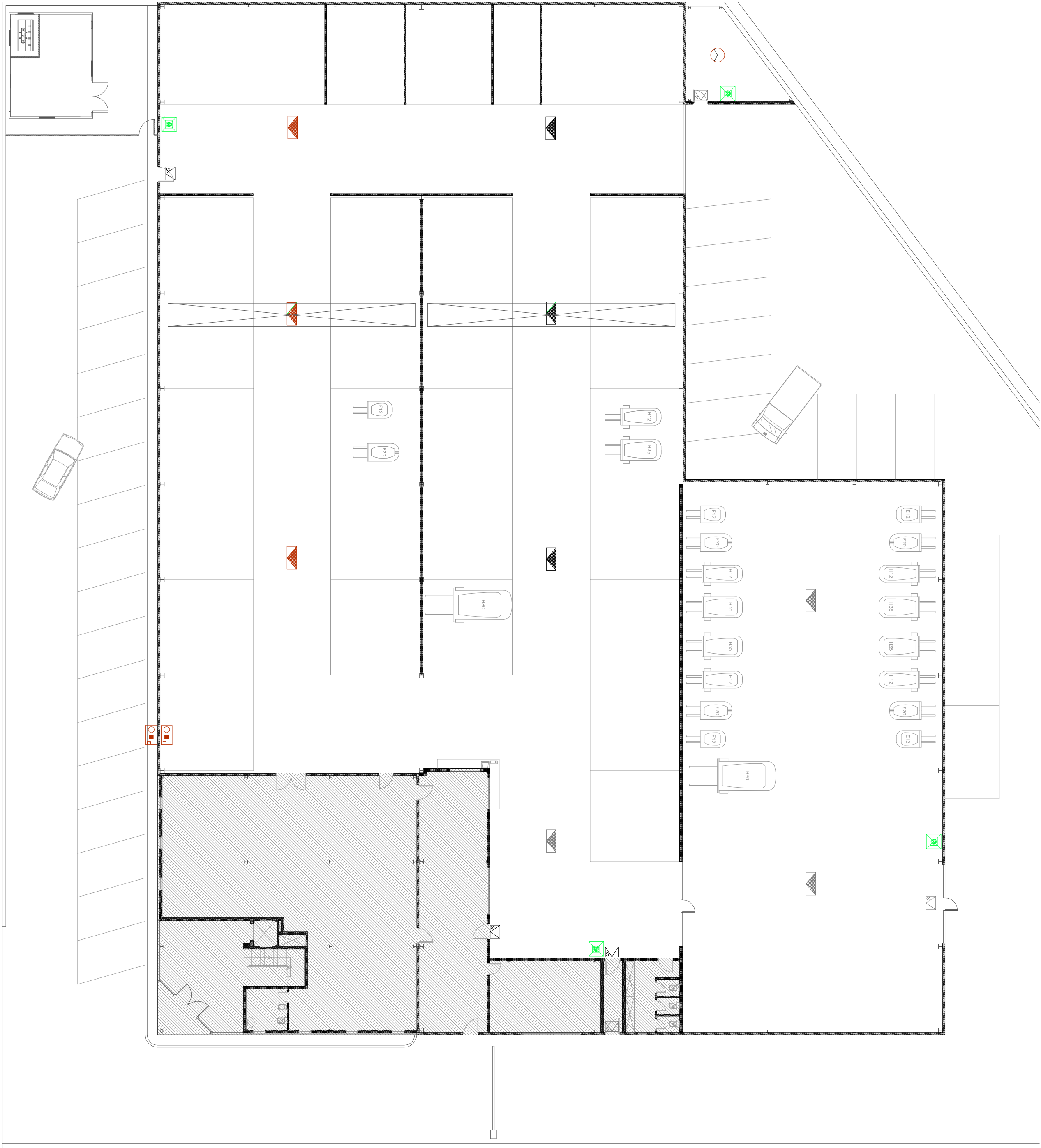
PLANTA PRIMERA OFICINAS E:1/150

PLANTA SEGUNDA OFICINAS E:1/150

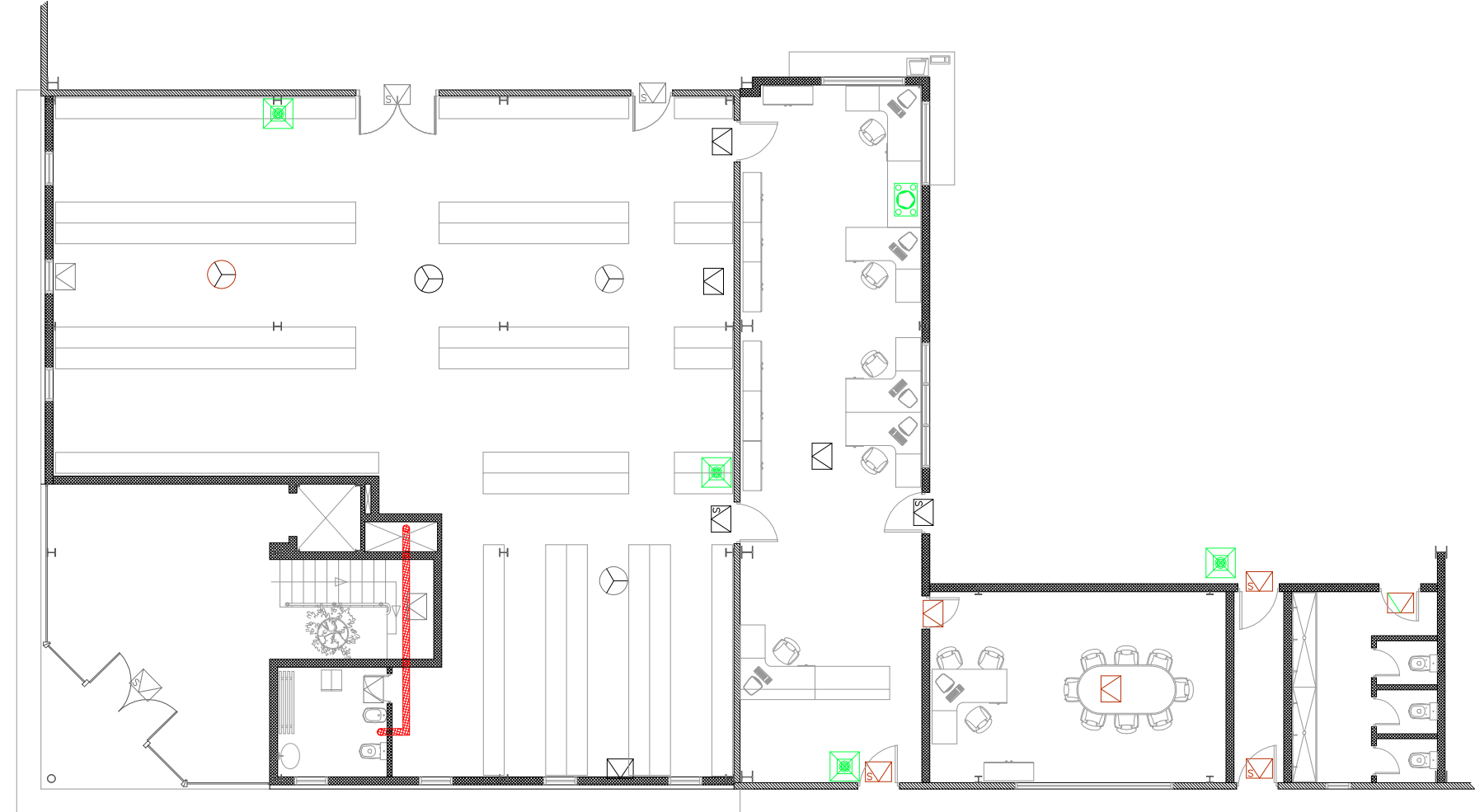
L E Y E N D A :	
 LUMINARIA TIPO INDUSTRIAL CON CARCASA DE ALUMINIO, CLASE I LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS ELIPSOIDAL 400 w	MODULO FLUORESCENTE, 4x54w, ENCASTRADO EN PLACAS FALSO TECHO
 IDEM CON DISPOSITIVO DE SEGURIDAD (INCLUYE LAMPARAS HALOGENA DE 250 w DE ENCENDIDO RAPIDO)	MODULO FLUORESCENTE, 2x58w
 LUMINARIA DE ALUMINIO CON CIERRE DE METACRILATO, IP-55, CLASE I CON BRAZO DE ACERO SUELO A FACHADA. LAMPARA DE VAPOR DE SODIO A.P. DE 150 w (LA ALTURA DE COLOCACION SE DETERMINARA EN OBRA)	 INTERRUPTOR SIMPLE EMPOTRADO  COMUTADOR  COMUTADOR DE CRUCE
 PROYECTOR EXTERIOR IP55, 400 w	 ENCHUFE 10/16 A + TT (TIPO SCHUKO)  ENCHUFE 10/16 A + TT, COLOR ROJO (INFORMATICA, TIPO SCHUKO)  TOMA INFORMATICA (RJ-45)  TOMA DE TELEFONO (RJ-11)
 DOWNLIGHT 2x26 DOWNLIGHT ESTANCO, 2x18	 ENCHUFE 10/16 A + TT, COLOR ROJO (INFORMATICA, TIPO SCHUKO)  TOMA INFORMATICA (RJ-45)  TOMA DE TELEFONO (RJ-11)

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>
PROYECTO:  INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL
REALIZADO:  <b>ITOIZ DONAMARIA, ALVARO</b>	FIRMA:   Firma: Itoiz Donamaria, Alvaro	
PLANO:  <b>ILUMINACIÓN Y TOMAS DE CORRIENTE PLANTAS 1ª Y 2ª</b>	FECHA:  <b>30/08/2010</b>	ESCALA:  <b>1 : 150</b>
	Nº PLANO:  <b>6</b>	





PLANTA BAJA E:1/200



PLANTA BAJA OFICINAS E:1/150

LEYENDA:

CONSTRUCCIÓN (MATERIALES)

- PUNTO ALUMBRADO EMERGENCIA Y SEÑALIZACION
- PUNTO ALUMBRADO EMERGENCIA Y SALIDA
- PUNTO ALUMBRADO EMERGENCIA Y SEÑALIZACION DE 2670 LUMENS
- DETECTOR DE HUMOS IONICO CONECTADO A CENTRALITA
- CENTRALITA
- PULSADOR
- ALARMA INTERIOR
- ALARMA EXTERIOR
- CONDUCTO DE VENTILACION FORZADA
- NOTA: CADA DETECTOR TIENE UN BARRIDO DE 60 M2

PLACA HORMIGON PREFABRICADO e=150 mm.

BLOQUE HORMIGON 150x400mm.

FASE R

FASE S

FASE T

Logo of the University of Navarre (Universidad Pública de Navarra) and the Public University of Navarre (Universidad Pública de Navarra).

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.**

**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL**

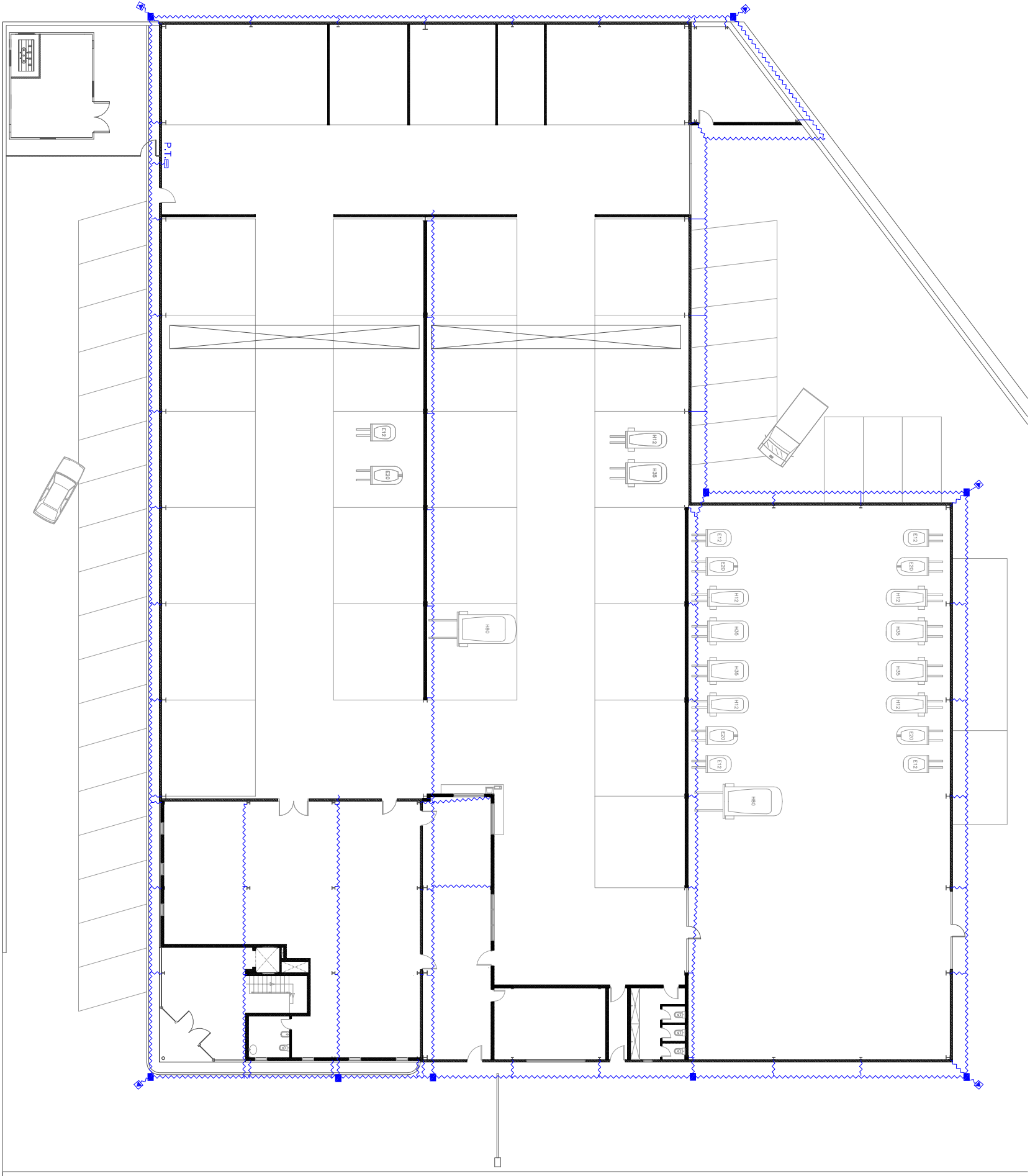
PROYECTO:  
INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION  
CON CENTRO DE TRANSFORMACION

REALIZADO:  
**ITOIZ DONAMARIA, ALVARO**

PLANO:  
**ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA PLANTA BAJA**

FECHA: 30/08/2010  
ESCALA: 1 : 200  
Nº PLANO: 7





PLANTA BAJA E1/200

LEYENDA:

INSTALACIÓN DE TIERRA

CABLE DE Cu DESNUDO 35 mm²

PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO: 80 cm.

COLOCACIÓN: PERIMETRO EXTERIOR NAVE, ANTES DE LA CIMENTACIÓN.

PICA DE TIERRA, L=1.4 m., ø16mm-ACERO GALVANIZADO, EN ARQUETA.

PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO: 80 cm.

UNIONES PICA-CABLE: MEDIANTE SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA.


PASOS ARQUETAS CON TUBO PVC ø90mm, 1,8-4dm.

ARQUETAS PREFABRICADAS DE 50X40 mm QUE INCLUYE LECHO DE GRAVA Y ARENA

CONSTRUCCIÓN (MATERIALES)

PLACA HORMIGÓN PREFABRICADO e=150 mm.

BLOQUE HORMIGÓN 150x400mm.



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E  
INGENIERÍA RURAL

PROYECTO:

INSTALACION ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSIÓN  
CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

REALIZADO:

ITOIZ DONAMARÍA, ÁLVARO

FIRMA:

PLANO:

PUESTA A TIERRA DE LA NAVE

FECHA:

30/08/2010

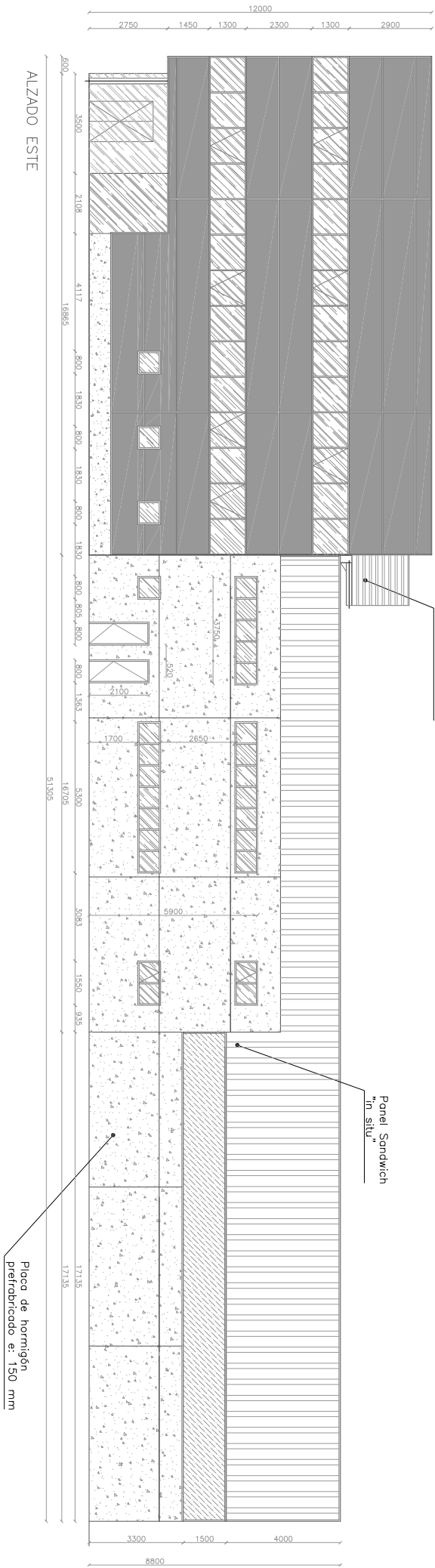
ESCALA:

1 : 300

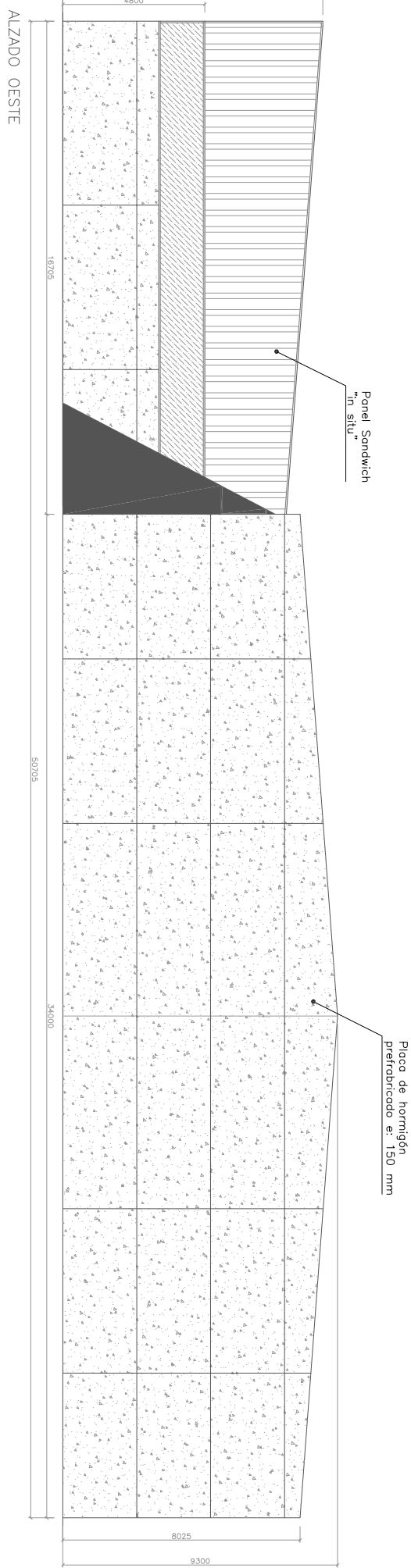
Nº PLANO:

9

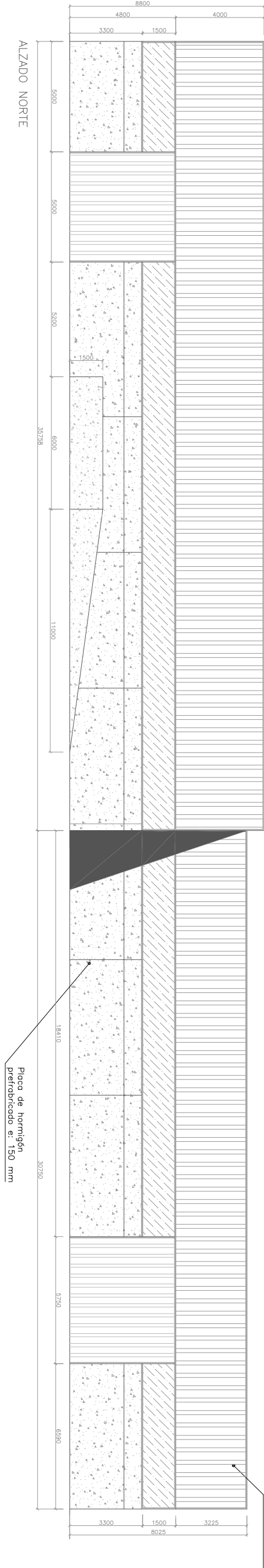




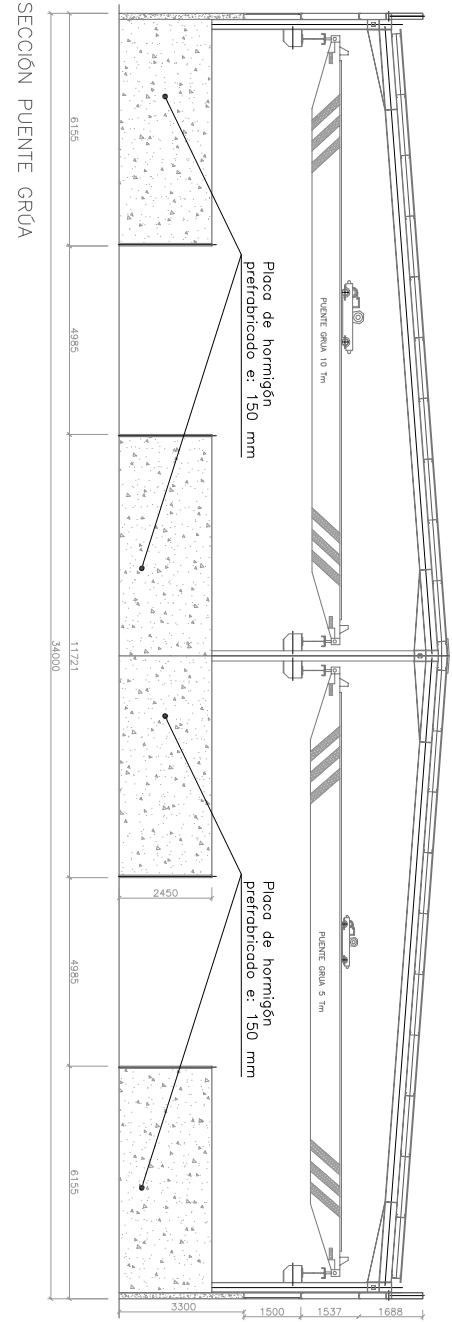
ALZADO ESTE



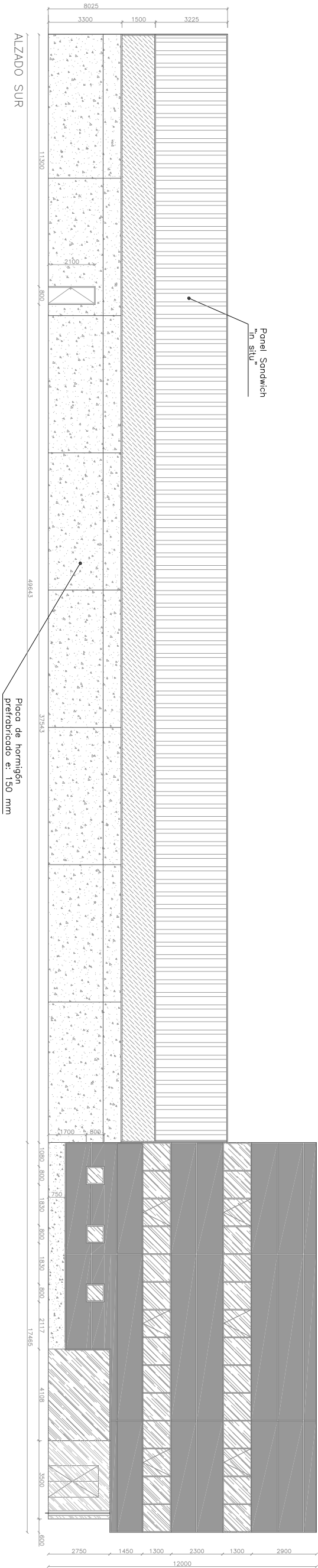
ALZADO OESTE



ALZADO NORTE



SECCIÓN PUENTE GRÚA



ALZADO SUR

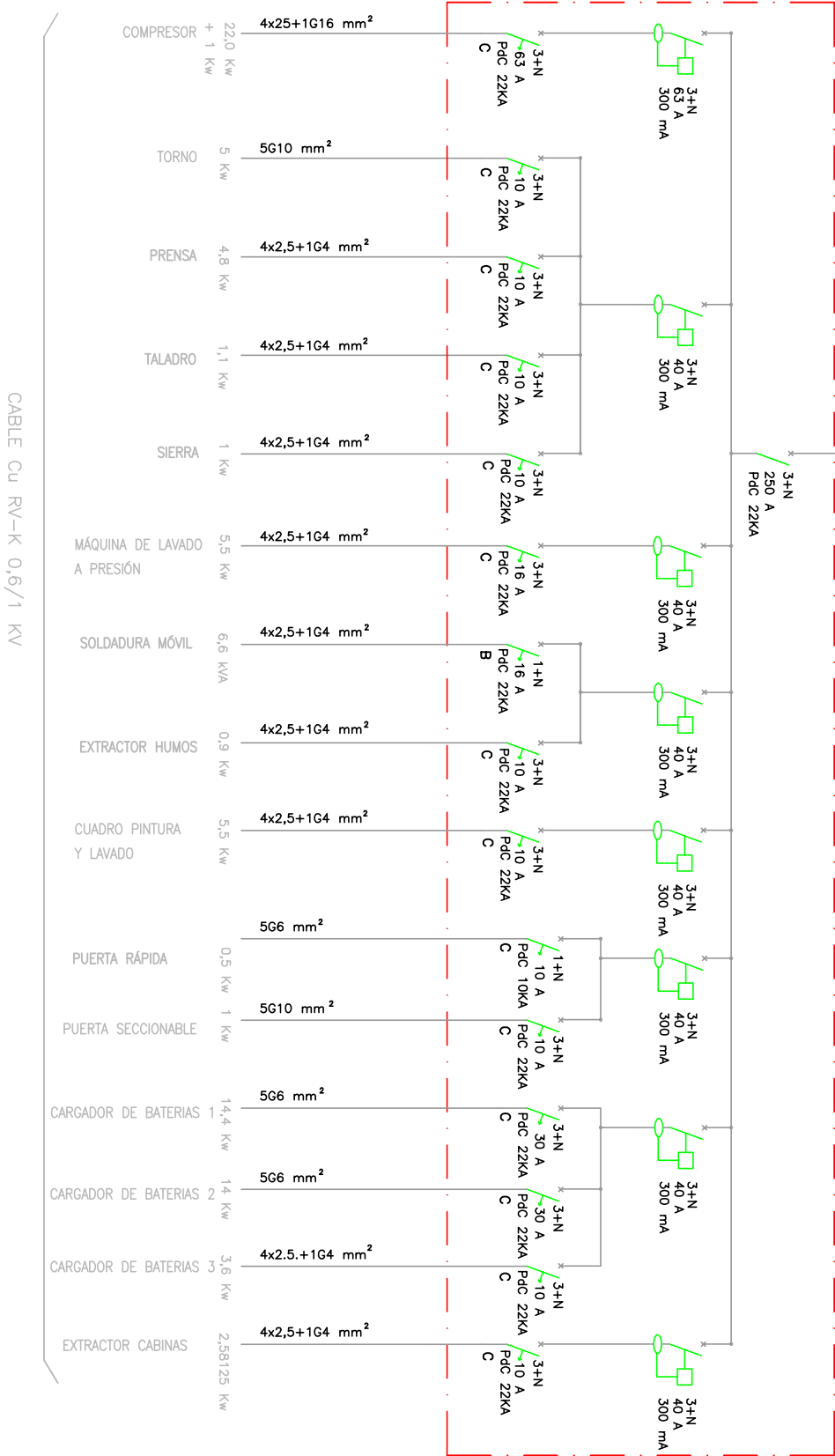
<div><div><div><div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div></div></div><div>Universidad Pública de Navarra</div><div>Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div><div><div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div></div></div><div>E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		<div><div><div><div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div></div></div><div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL</div></div>	
PROYECTO:		REALIZADO:			
INSTALACION ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACION		ITOIZ DONAMARÍA, ALVARO			
PLANO:		FIRMA:			
ALZADOS Y SECCIÓN DEL PUENTE GRÚA		FECHA:		ESCALA:	
		30/08/2010		1 : 200	
		Nº PLANO:		10	





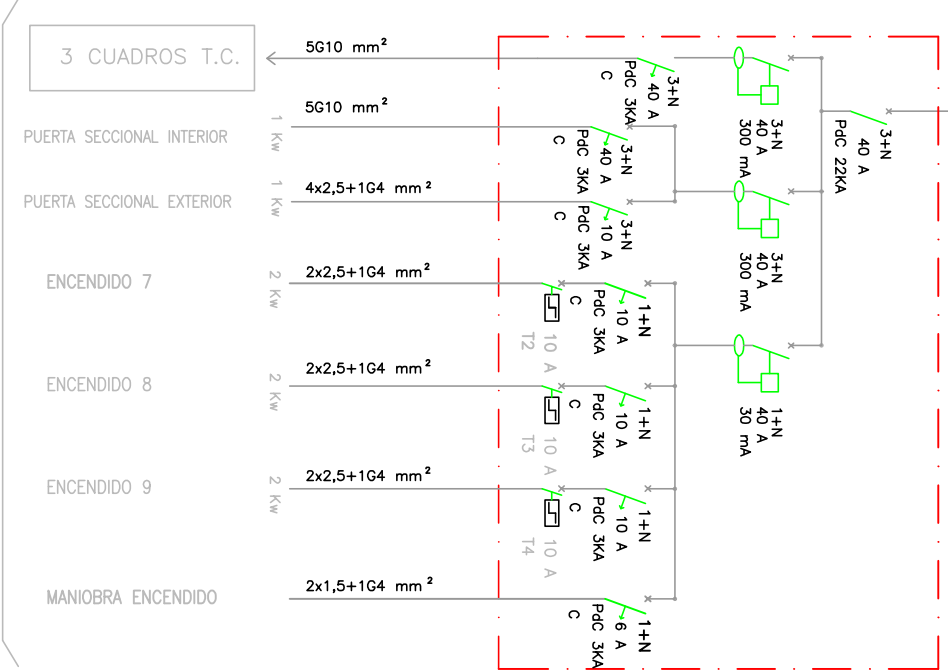
DE C.G.P.

CUADRO MAQUINARIA: C.S.3

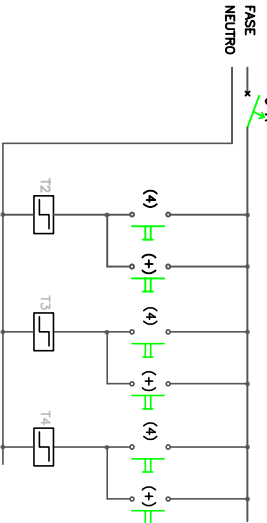


DE C.S.1.

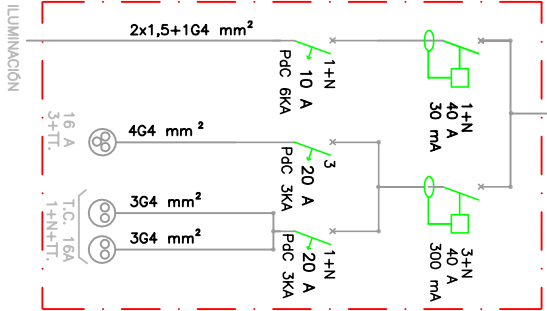
CUADRO ALMACÉN: C.S.4



MANIOBRA ENCENDIDO ALMACÉN



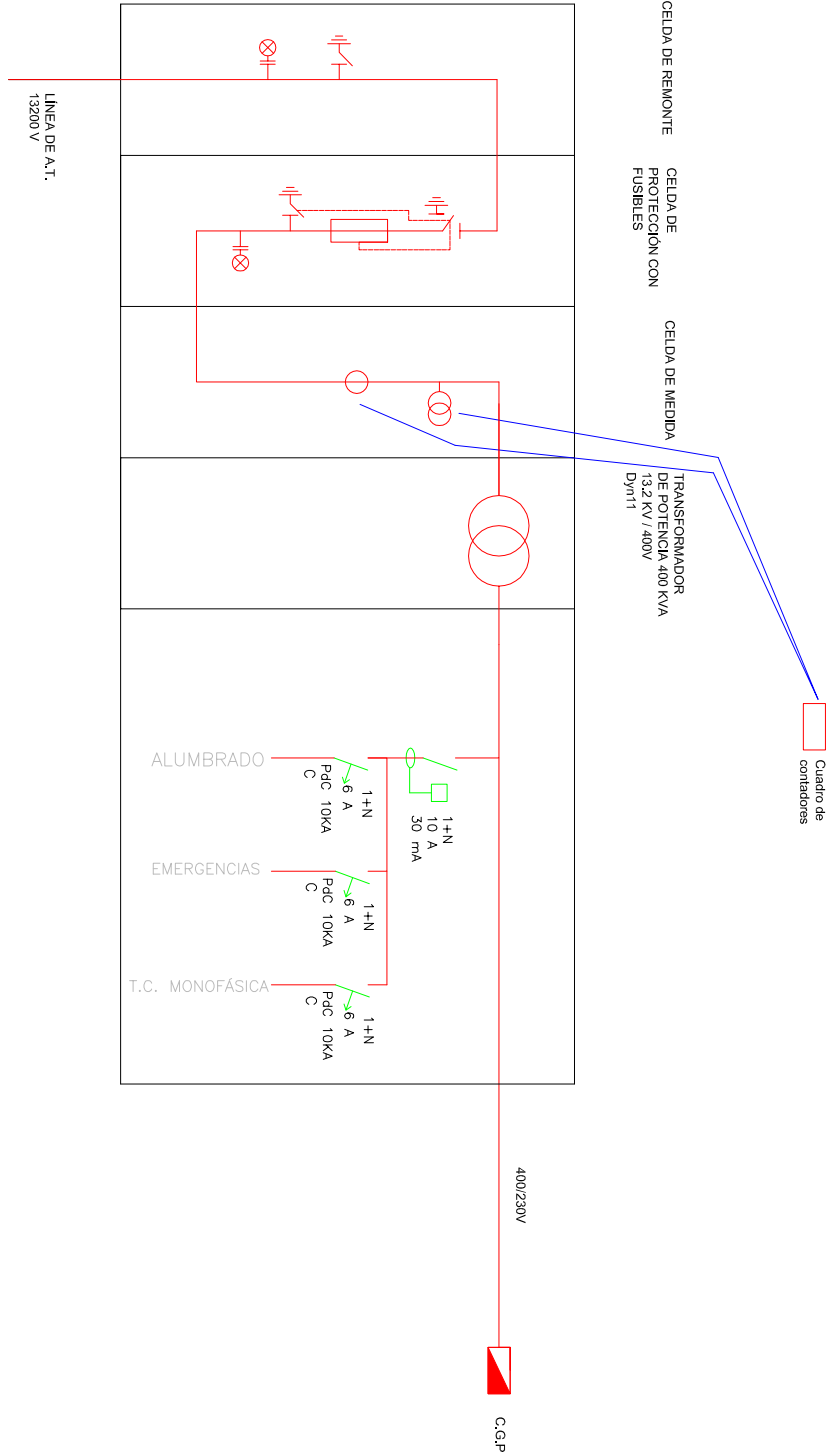
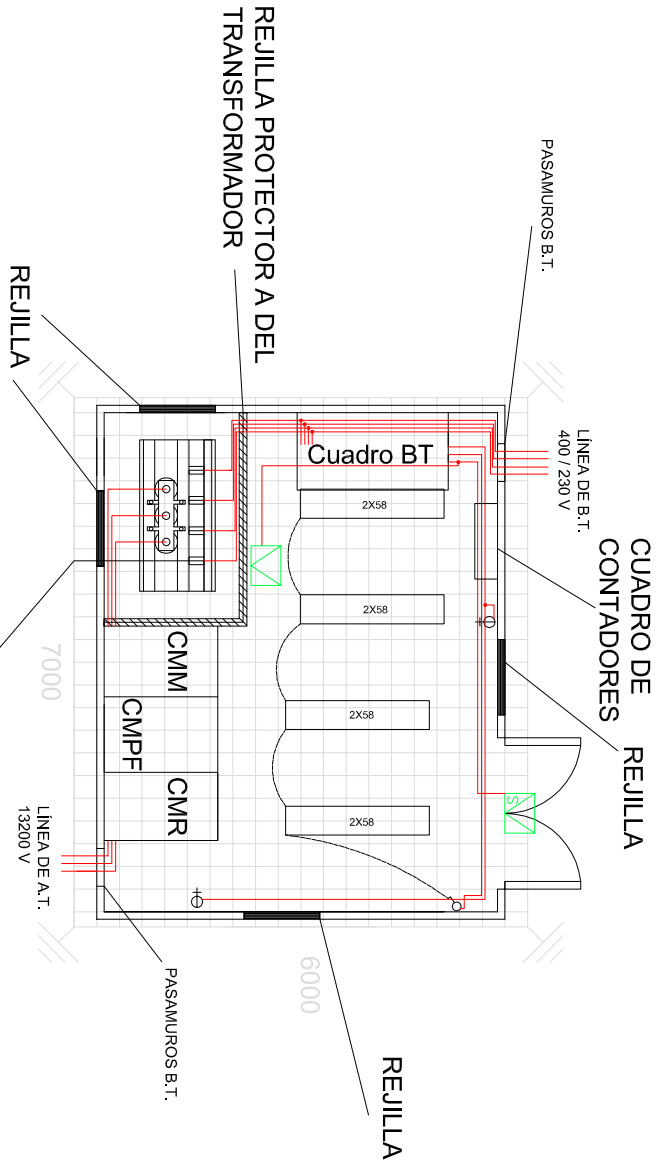
CUADROS TOMAS DE CORRIENTE 33 UDS.



(REPARTIR LAS FASES EN CADA LÍNEA DE ILUMINACIÓN Y LAS TOMAS DE CORRIENTE MONOFÁSICAS, CAMBIÁNDOLAS DE POSICIÓN CADA 11 CUADROS)

LEYENDA:			
INTERRUPTOR DIFERENCIAL		INSTALACIÓN INTERIOR:	
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO		TALLER: Cobre 1.000 V sobre bandedo	
INTERRUPTOR SECCIONADOR		DERIVACIONES A MÁQUINAS Y CUADROS: Cobre 1.000V bajo tubo METÁLICO	
INTERRUPTOR MANUAL UNIPOLAR		OFICINA Y DEPENDENCIAS: Cobre 750V bajo tubo de plástico flexible.	
		— sobre placas falso techo y rozos en paredes.	
		NOTA: SE SUPONE QUE TODAS LAS PUERTAS SECCIONABLES, RÁPIDAS Y PERSIANAS DISPONDRÁN DE UN CUADRO CON LA PARAMENTA DE MANIOBRA, ETC. EN CASO CONTRARIO SE AÑADIRÁ EN EL CUADRO DE PROTECCIÓN CORRESPONDIENTE DE ESTE PLANO.	
		PLANOS:	
		UNIFILAR DE C.S.3., C.S.4. Y TOMAS DE CORRIENTE	
		FECHA: 30/08/2010	
		ESCALA: 12	

Universidad Pública de Navarra		E.T.S.I.I.T.	
Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO:		REALIZADO:	
INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAAJA TENSION		ITOIZ DONAMARIA, ALVARO	
CON CENTRO DE TRANSFORMACION		FIRMA:	
		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E INGENIERIA RURAL	



MALLAZO CU 7x6 M.  
VARILLA ELECTROSOLDADA FORMANDO  
CUADROS DE 0.3x0.3 M  
VARILLAS DE 6 MM DE DIAMETRO

Ø+ T.C.  
PUNTO ALUMBRADO EMERGENCIA Y SALIDA  
PUNTO ALUMBRADO EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN  
MÓDULO FLUORESCENTE, 2x58W

CMM - CELDA DE MEDIDA  
CMPF - CELDA DE PROTECCIÓN MEDIANTE FUSIBLES  
CMR - CELDA DE REMONTE

LEYENDA:

3 Transformadores de tensión, 13200/110 V, de relación F=1.9. CL.0.5. y aislamiento 24 kV

3 Transformadores de intensidad, de relación 20/5 A, 15 VA, CL.0.5 y aislamiento 24 kV

3 Seccionador de puesta a tierra

3 Detector capacitivo de tensión

3 Protección con fusible

Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E  
INGENIERÍA RURAL

PROYECTO:  
INSTALACION ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSIÓN  
CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

REALIZADO:  
ITOIZ DONAMARÍA, ÁLVARO

PLANO:  
PUESTAS A TIERRA C.T. Y UNIFILAR

FECHA:  
30/08/2010

ESCALA:  
1 : 100

Nº PLANOS:  
13

Donamaria  
Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erreserbaturik



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

### DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Álvaro Itoiz Donamaría

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 30 de Agosto de 2010



## ÍNDICE

<u>PLIEGO DE CONDICIONES</u>	<u>Pág.</u>
<b>1.Objeto</b>	3
<b>2.Condiciones de índole facultativa</b>	3
2.1.General	3
2.2.Legalidad	3
2.3.Al finalizar la obra	4
<b>3.Condiciones económicas</b>	4
3.1.Contrato	4
3.2.Derechos y obligaciones del Instalador	5
3.2.1.En la ejecución de obra	5
3.2.2.Incumplimiento del plazo de ejecución	6
3.2.3.En materia social	6
3.2.4.En relación a los materiales	7
3.2.5.Una vez finalizada la obra	7
3.3.A cargo de la Propiedad	7
3.4.Fianza	8
3.5.Rescisión del contrato (Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios)	8
3.6.Pago de la obra	11
<b>4.Condiciones Técnicas</b>	12
4.1.Calidad de los materiales	12
4.1.1.Todos en general	12
4.1.2.Los materiales eléctricos	13
4.1.2.1.Código de identificación de los conductores	13
4.1.2.2.Conductores activos	13
4.1.2.3.Conductores de protección	14
4.1.2.4.Tubos protectores	14
4.1.2.5.Conmutadores, interruptores y tomas de corriente	14
4.1.2.6.Cajas de empalmes y derivaciones	15
4.1.2.7.Aparatos de protección	15
4.1.2.8.Cuadros de protección y maniobra	15
4.1.2.9.Alumbrado	16
4.1.2.10.Alumbrados especiales	16
Alumbrado de seguridad	16
Alumbrado de evacuación	17

Alumbrado ambiente	17
<b>4.2. Normas de ejecución</b>	17
4.2.1 En general	17
4.2.2 Instalación eléctrica	18
4.2.2.1 Canalizaciones con tubos protectores en montaje interior	18
4.2.2.2 Canalizaciones con tubos protectores en montaje superficial	18
4.2.2.3 Conductores en bandejas	19
4.2.2.4 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas	19
4.2.2.5 Acceso a las instalaciones	19
4.2.2.6 Alumbrado	20
4.2.2.7 Motores	20
4.2.2.8 Puesta a tierra	21
4.2.2.9 Uniones a tierra	22
<b>4.3. Centro de transformación</b>	22
4.3.1 Obra civil	22
4.3.2 Aparamenta de Alta Tensión	23
4.3.3 Características constructivas	23
4.3.3.1 Compartimento de aparallaje	23
4.3.3.2 Compartimento de juego de barras	24
4.3.3.3 Compartimento de conexión de cables	24
4.3.3.4 Compartimento de mando	24
4.3.3.5 Compartimento de control	24
4.3.3.6 Fusibles	24
4.3.4 Transformador	24
4.3.4.1 Normas de ejecución de las instalaciones	25
4.3.4.2 Pruebas reglamentarias	25
4.3.5 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	25
4.3.5.1 Prevenciones generales	25
4.3.5.2 Puesta en servicio	26
4.3.5.3 Separación de servicio	26
4.3.5.4 Prevenciones especiales	26
<b>5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad</b>	27
<b>6. Certificado y documentación que debe disponer el titular</b>	27





## **PLIEGO DE CONDICIONES**

### **1. OBJETO**

Este documento tiene por finalidad la ordenación de las condiciones técnicas, generales, económicas y legales en que han de regir la contratación de los trabajos a realizar y de los requisitos técnicos para llevar a buen fin la instalación objeto de este proyecto.

### **2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

#### **2.1. General**

Este pliego de condiciones, junto con la memoria, cálculos, presupuesto y planos, son los documentos que han servido de base para la total realización de las unidades de la Instalación y por consiguiente, son de obligada observancia por el Instalador quién sin embargo podrá proponer las modificaciones que considere oportunas.

Todas las condiciones de ejecución y calidad, así como las condiciones de recepción de materiales y características de los mismos que figuran en la memoria del presente proyecto han de considerarse condiciones facultativas y técnicas del presente pliego de condiciones.

La oferta que presente la empresa instaladora o el Instalador deberá ajustarse a las especificaciones técnicas del Proyecto, entendiéndose que de no requerir variaciones, se declaran de acuerdo con el mismo, tomando plena responsabilidad en cuanto a un correcto funcionamiento se refiere.

#### **2.2. Legalidad**

La realización del proyecto deberá regirse por lo presente en este pliego y por las normativas específicas para cada actividad:

- Instalación eléctrica

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.	RD 3275/1982
Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.	RD 842/2002
Construcción y ensayo de material eléctrico de seguridad aumentada.	UNE 20.328



- Protección contra incendios

Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.	RD 1942/1993
Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos instaladores.	RD 786/2001

- Seguridad y salud

La normativa que se refiere a este apartado aparece detallada en el Estudio Básico de Seguridad y Salud que se realiza a continuación.

### 2.3. Al finalizar la obra

Durante la obra o al finalizar el director de obra podrá revisar todos los trabajos e instalaciones para verificar que cumplen tanto el proyecto como las especificaciones de calidad.

Cuando se finaliza la obra, es deber del contratista solicitar la recepción del trabajo, en el cuál se incluyen las mediciones de conductividad de la tierra y el aislamiento de los cables. Al acabar también se le entregará el plano de final de obra, en el que aparece la obra y todos los edificios, carreteras, aceras que están junto a él. Junto con el plano se otorga el certificado de finalización de obra para que esta pueda legalizarse.

## 3. CONDICIONES ECONÓMICAS

### 3.1. Contrato

El contrato será un documento de carácter privado en el que se establecerán las condiciones económicas generales de común acuerdo entre la Propiedad y el Instalador. El carácter del contrato puede ser cambiado a público a petición de una de las partes, corriendo todos los gastos que ello ocasione a cuenta del que lo solicite.

En el Contrato Privado de Adjudicación de Obra se establecerán los plazos de ejecución de la obra de mutuo acuerdo entre la Propiedad y el Instalador. Como fecha de comienzo se cogerá aquella que el Instalador comunique a la Propiedad en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha en la que se firme el contrato.

Tras la firma del contrato, dado el carácter de la instalación que se pretende con este proyecto, no se admitirán revisiones de los precios en los materiales.

Solamente en el caso de que en el transcurso de la obra se aprobasen oficialmente aumentos de precio de jornales se admitirá revisión en la cantidad contratada para mano de obra y en la parte proporcional en que ésta se pudiera ver afectada.





## **3.2. Derechos y obligaciones del Instalador**

### **3.2.1. En la ejecución de obra**

La instalación se llevará a efecto, ateniéndose a las condiciones generales, al proyecto de detalles indicados en el mismo y a cuantas operaciones sean indispensables para que la instalación quede completamente bien acabada aunque no se indique expresamente en estos documentos.

Para resolver cualquier duda en la interpretación de los documentos, el Instalador, consultará al respecto al autor del proyecto, obligándose a rehacer cuantas partes del trabajo no se hubiesen realizado de acuerdo con lo estipulado.

Hasta la recepción definitiva, el Instalador es exclusivamente responsable de la ejecución de la instalación contratada y de las faltas que en ella puedan existir.

El Instalador deberá presentarse en la obra siempre que sea convocado por la Dirección Facultativa o la Propiedad y especialmente asistirá a todas las visitas de obra oficiales, durante el periodo en que se desarrollen los trabajos.

La interpretación de los trabajos realizados corresponde a la Dirección Facultativa por lo que el Instalador se verá obligado a demoler y rehacer todos aquellos trabajos que la dirección considere defectuosos.

En el caso de que el instalador propusiera alguna modificación, habrá de presentarla detalladamente antes de realizar ningún trabajo o encargo de materiales y con tiempo suficiente para que no se altere el plan de obra y reservando a la Dirección Facultativa un plazo suficiente para estudiar la propuesta y que nunca será inferior a quince días.

Junto con la oferta económica, el Instalador presentará unos plazos mínimos de ejecución de cada una de las partes y fases de su trabajo. Después de la adjudicación el Instalador y el Constructor, llegarán a un acuerdo sobre los plazos ofertados dentro del plan general de la obra.

El plazo global de ejecución será el que se determine en el Contrato Privado de Adjudicación de Obra y establecido, de común acuerdo, entre la Propiedad y la Empresa Instaladora.

La Dirección Facultativa puede, si lo considera necesario para la buena ejecución de la instalación, varar parcialmente el proyecto para lo cual se establecerá contratación separada y fijada por medio de precios contradictorios, previamente aprobados por las partes.

La instalación será ejecutada por operarios de aptitud reconocida, pudiendo la dirección Facultativa exigir la separación de aquellos que, a su juicio, no reúnan los conocimientos necesarios.



### 3.2.2. Incumplimiento del plazo de ejecución

En caso de retraso injustificado el cumplimiento de las fechas de ejecución, el Instalador incurrirá en las penalidades establecidas en el Contrato, pudiéndosele imputar el total o parte de las penalidades en que hayan incurrido el resto de los oficios así como el Constructor, a causa del retraso del Instalador.

En el caso de que el Instalador se viera, por causa justificada, obligado a retrasar los plazos de ejecución, deberá comunicarlo por escrito a la Propiedad y a la Dirección Facultativa, alegando las causas que determinan el retraso.

Si el Instalador se negase a realizar por su cuenta los trabajos para ultimar la instalación en las condiciones contratadas o los demorase indefinidamente, se podrá ordenar su ejecución a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la retención en concepto de fianza sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades.

### 3.2.3. En materia social

Se supone que el Instalador está enterado de lo que dispone la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobado por Orden de 9 de Marzo de 1971, y el vigente Reglamento de Seguridad del Trabajo en la Industria de la Construcción y Siderometalúrgica, según las Ordenes del Ministerio de Obras Públicas de 20 de Mayo de 1952 y complementarias.

El Instalador será responsable de todos los accidentes, daños o perjuicios que puedan ocurrir o sobrevenir como consecuencia directa o indirecta de la ejecución de la instalación debiendo tener presente todo cuanto se determina en las Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El Instalador es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo, debiendo éste adoptar y aplicar las disposiciones y medidas que dicte la Inspección de Trabajo, los organismos competentes y la normativa vigente.

El Instalador deberá establecer un plan de seguridad e higiene que especifique las formas de aplicación de las medidas necesarias con el fin de asegurar eficazmente al personal que pueda estar en la obra, la higiene y primeros auxilios de enfermos o accidentados y la seguridad de las instalaciones. El plan debe ser entregado a la Propiedad en un tiempo máximo de 90 días después de la firma del contrato. La ausencia de este documento puede o su incumplimiento puede ser motivo de ruptura de contrato. Si este documento se ve modificado por las circunstancias de la obra, se le deberá comunicar con la mayor rapidez posible a la Propiedad. Los gastos debidos a la puesta en funcionamiento del plan corren a cargo del Instalador, y se consideran incluidos en los precios del contrato. Las medidas de este plan podrían ser: formación del personal en materia de seguridad e higiene, carteles y señales de riesgo en la obra, mantenimiento de limpieza y



seguridad en la obra, protecciones de las distintas instalaciones, suministro de Equipos de Protección Individual (EPIs) y Colectiva,...

En la ejecución del proyecto se debe fundar un Comité de Seguridad compuesto por una persona de cada empresa participante en la obra (carpinteros, electricistas, fontaneros,... si cada gremio fuera de empresas distintas), que se debe encargar de aplicar las medidas adoptadas por el Comité en su empresa y en la obra. Los gastos de este Comité se repartirán entre las distintas empresas proporcionalmente. Este Comité además se encargará de pasar los partes de accidentes que causen baja en el empleo a la Propiedad.

El incumplimiento de las obligaciones del Instalador o del Comité en cuestión de Seguridad e Higiene no implicará responsabilidad alguna sobre la Propiedad.

#### **3.2.4. En relación a los materiales**

El Instalador tiene la obligación de saber la procedencia de todos los materiales y deberá presentar los albaranes de entrega de los materiales que constituyen la instalación si así se lo requieren. Además, todos los materiales que instale llevarán impreso en un lugar visible la marca y el modelo que deberán coincidir con las referencias que se dan en los documentos del proyecto.

#### **3.2.5. Una vez finalizada la obra**

Al finalizar la instalación, el Instalador entregará a la Propiedad los diversos certificados de garantía de los equipos, así como los documentos de Recepción que se reseñan en las normativas correspondientes.

Una vez terminadas las instalaciones, la empresa instaladora realizará ante la Dirección Facultativa las pertinentes pruebas de funcionamiento, durante el tiempo necesario para comprobar que la instalación se ha ejecutado correctamente. Durante la ejecución de las pruebas el Instalador queda obligado a reparar, a su costa, cuantos defectos y deformaciones se pudieran apreciar.

Se establece un periodo de garantía mínima de un año para todos los elementos de la instalación que comenzará a contarse a partir del momento en que terminen las pruebas con el visto bueno de la Dirección Facultativa.

Transcurrido el plazo de garantía se procederá a realizar la recepción definitiva de las instalaciones, quedando revelado, el Instalador, de toda responsabilidad.

### **3.3. A cargo de la propiedad**

El Instalador, durante la ejecución de los trabajos tendrá derecho a disponer de un local suficientemente amplio para almacenamiento de sus materiales y herramientas, provisto de cerradura o candado, de manera que, tan sólo él, tenga acceso al mismo y siendo de su responsabilidad el extravío o robo de materiales.



Asimismo, se le suministrará por cuenta de la Propiedad energía eléctrica y agua durante el tiempo de montaje.

Podrá disponer de los elementos de transporte horizontal y vertical que existan en obra para cuya utilización deberá previamente ponerlo en conocimiento de la Propiedad.

### 3.4. Fianza

La fianza que, en concepto de garantía, se retendrá al Instalador será de un 7% de los pagos que se establezcan en contrato. Dicha fianza se le devolverá una vez finalizado el plazo de garantía.

Dicha fianza sería retenida o utilizada por la Propiedad en caso que el Instalador se negase a realizar por su cuenta los trabajos para ultimar la instalación en las condiciones o en caso de su demora indefinida. Esta utilización de la fianza no perjudica a las acciones legales que la Propiedad tenga derecho.

### 3.5. Rescisión del contrato (Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios)

**Artículo 124.-** La rescisión administrativa de los contratos deberá ser el último medio que las dependencias y entidades utilicen, ya que en todos los casos, previamente, deberán promover la ejecución total de los trabajos y el menor retraso posible.

En el caso de rescisión, las dependencias y entidades optarán por aplicar retenciones o penas convencionales antes de iniciar el procedimiento de rescisión, cuando el incumplimiento del contrato derive del atraso en la ejecución de los trabajos.

**Artículo 125.-** Cuando la Propiedad sea la que determine rescindir un contrato, dicha rescisión operará de pleno derecho y sin necesidad de declaración judicial, bastando para ello que se cumpla el procedimiento que para tal efecto se establece en la Ley; en tanto que si es el Instalador quien decide rescindirlo, será necesario que acuda ante la autoridad judicial federal y obtenga la declaración correspondiente.

**Artículo 126.-** Cuando se obtenga la resolución judicial que determine la rescisión del contrato por incumplimiento de alguna de las obligaciones, imputables a la Propiedad, se estará a lo que resuelva la autoridad judicial.

**Artículo 127.-** La Propiedad procederá a la rescisión administrativa del contrato cuando se presente alguna de las siguientes causas:

- I. Si el Instalador, por causas imputables a él, no inicia los trabajos objeto del contrato dentro de los quince días siguientes a la fecha convenida sin causa justificada conforme a la Ley y este Reglamento;



- II. Si interrumpe injustificadamente la ejecución de los trabajos o se niega a reparar o reponer alguna parte de ellos, que hubiere sido detectada como defectuosa por la Propiedad o la Dirección Facultativa;
- III. Si no ejecuta los trabajos de conformidad con lo estipulado en el contrato o sin motivo justificado no acata las órdenes dadas por el residente de obra o por el supervisor;
- IV. Si no da cumplimiento a los programas de ejecución por falta de materiales, trabajadores o equipo de construcción y, que a juicio de la Propiedad, el atraso pueda dificultar la terminación satisfactoria de los trabajos en el plazo estipulado.  
No implicará retraso en el programa de ejecución de la obra y, por tanto, no se considerará como incumplimiento del contrato y causa de su rescisión, cuando el atraso tenga lugar por la falta de información referente a planos, especificaciones o normas de calidad, de entrega física de las áreas de trabajo y de entrega oportuna de materiales y equipos de instalación permanente, de licencias, y permisos que deba proporcionar o suministrar la Propiedad, así como cuando la Propiedad hubiere ordenado la suspensión de los trabajos;
- V. Si es declarado en concurso mercantil en los términos de la Ley de Concursos Mercantiles;
- VI. Si subcontrata partes de los trabajos objeto del contrato, sin contar con la autorización por escrito de la Propiedad;
- VII. Si cede los derechos de cobro derivados del contrato, sin contar con la autorización por escrito de la Propiedad;
- VIII. Si el Instalador no da a la Propiedad y a las dependencias que tengan facultad de intervenir, las facilidades y datos necesarios para la inspección, vigilancia y supervisión de los materiales y trabajos;
- IX. Si el Instalador cambia su nacionalidad por otra, en el caso de que haya sido establecido como requisito, tener una determinada nacionalidad;
- X. Si siendo extranjero, invoca la protección de su gobierno en relación con el contrato, y en general, por el incumplimiento de cualquiera de las obligaciones derivadas del contrato, las leyes, tratados y demás aplicables.

Las dependencias y entidades, atendiendo a las características, magnitud y complejidad de los trabajos, podrán establecer en los contratos otras causas de rescisión.

**Artículo 128.-** En la notificación que la Propiedad realicen al Instalador respecto del inicio del procedimiento de rescisión, se señalarán los hechos que motivaron la determinación de dar por rescindido el propio contrato, relacionándolos con las estipulaciones específicas que se consideren han sido incumplidas.

**Artículo 129.-** Si transcurrido el plazo que señala la fracción I del artículo 61 de la Ley, el Instalador no manifiesta nada en su defensa o si después de analizar las razones aducidas por éste, la Propiedad estima que las mismas no son satisfactorias, emitirá por escrito la determinación que proceda.

Los trámites para hacer efectivas las garantías se iniciarán a partir de que se dé por rescindido el contrato.



**Artículo 130.-** El acta circunstanciada de la rescisión deberá contener, como mínimo, lo siguiente:

- I. Lugar, fecha y hora en que se levanta;
- II. Nombre y firma del residente de obra de la Propiedad y, en su caso, del supervisor y del superintendente de construcción del Instalador;
- III. Descripción de los trabajos y de los datos que se consideren relevantes del contrato que se pretende rescindir;
- IV. Importe contractual considerando, en su caso, los convenios de modificación;
- V. Descripción breve de los motivos que dieron origen al procedimiento de rescisión, así como de las estipulaciones en las que el Instalador incurrió en incumplimiento del contrato;
- VI. Relación de las estimaciones o de gastos aprobados con anterioridad al inicio del procedimiento de rescisión, así como de aquéllas pendientes de autorización;
- VII. Descripción pormenorizada del estado que guardan los trabajos;
- VIII. Periodo de ejecución de los trabajos, precisando la fecha de inicio y terminación contractual y el plazo durante el cual se ejecutaron los trabajos;
- IX. Relación pormenorizada de la situación legal, administrativa, técnica y económica en la que se encuentran los trabajos realizados, y los pendientes por ejecutar, y constancia de que el Instalador entregó toda la documentación necesaria para que la Propiedad pueda hacerse cargo y, en su caso, continuar con los trabajos.

La determinación de dar por rescindido administrativamente el contrato, no podrá ser revocada o modificada por la Propiedad.

**Artículo 131.-** La Propiedad podrá, junto con el Instalador, dentro del finiquito, conciliar los saldos derivados de la rescisión con el fin de preservar los intereses de las partes.

**Artículo 132.-** La Propiedad podrá hacer constar en el finiquito, la recepción de los trabajos que haya realizado el Instalador hasta la rescisión del contrato, así como de los equipos, materiales que se hubieran instalado en la obra o servicio o se encuentren en proceso de fabricación, siempre y cuando sean susceptibles de utilización dentro de los trabajos pendientes de realizar, debiendo en todo caso ajustarse a lo siguiente:

- I. Sólo podrá reconocerse el pago de aquellos materiales y equipos que cumplan con las especificaciones particulares de construcción, normas de calidad y hasta por la cantidad requerida para la realización de los trabajos faltantes de ejecutar, de acuerdo con el programa de ejecución vigente, a la fecha de rescisión;
- II. El reconocimiento de los materiales y equipos de instalación permanente se realizará invariablemente a los precios estipulados en los análisis de precios del contrato o, en su caso, a los precios de mercado; afectándose los primeros con los ajustes de costos que procedan; no se deberá considerar ningún cargo adicional por indirectos, financiamiento, fletes, almacenajes y seguros. Se entenderá por precio de mercado, el precio del fabricante o proveedor, en el momento en que se formalizó el pedido correspondiente, entre el Instalador y el proveedor;



III. Se deberán reconocer al Instalador los anticipos amortizados, así como los pagos que a cuenta de materiales y fabricación de equipos haya realizado el Instalador al fabricante o proveedor de los mismos, siempre y cuando éste se comprometa a entregarlos, previo el pago de la diferencia a su favor, y en el caso de que existan fabricantes o proveedores que tengan la posesión o propiedad de los equipos y materiales que la Propiedad necesite, ésta bajo su responsabilidad, podrá subrogarse en los derechos que tenga el Instalador, debiendo seguir los criterios señalados en las fracciones anteriores.

**Artículo 133.-** El sobrecosto es la diferencia entre el importe que le representaría a la Propiedad concluir con otro Instalador los trabajos pendientes, y el costo de la obra no ejecutada al momento de rescindir el contrato.

El sobrecosto que se determine al elaborar el finiquito, será independiente de las garantías, penas convencionales y demás cargos que deban considerarse en la rescisión administrativa.

**Artículo 134.-** Para la determinación del sobrecosto y su importe, la Propiedad procederá conforme a lo siguiente:

- I. Cuando la Propiedad rescinda un contrato y exista una propuesta solvente susceptible de adjudicarse, el sobrecosto será la diferencia entre el precio de la siguiente propuesta más baja y el importe de la obra no ejecutada conforme al programa vigente, aplicando los ajustes de costos que procedan, y cuando una propuesta no sea susceptible de adjudicarse, la determinación del sobrecosto deberá reflejar el impacto inflacionario en el costo de la obra no ejecutada conforme al programa vigente, hasta el momento en que se notifique la rescisión, calculado conforme al procedimiento de ajustes de costos pactado en el contrato, debiendo agregarse un importe equivalente al diez por ciento de los trabajos faltantes por ejecutar.

### 3.6. Pago de la obra

Para realizar el pago del coste de la obra se realizarán certificaciones mensuales. Para ello se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas del proyecto las unidades de obra. La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones, estableciendo el periodo de un mes a partir de la fecha de comienzo de la obra.

Las mediciones y valoraciones efectuadas serán utilizadas para la redacción de las certificaciones mensuales, y éstas son la base para calcular el precio que debe pagar la Propiedad al Instalador. La redacción de las certificaciones corresponde a la Propiedad.

Las certificaciones y los pagos no implican la recepción de las obras ni tienen carácter definitivo, pudiendo ser modificadas en certificaciones posteriores o definitivamente en el pago final.





El Instalador puede no estar conforme con alguna certificación, y para su modificación deberá exponer por escrito y en un tiempo máximo de diez días a partir de la fecha de entrega de la certificación por parte de la Propiedad los motivos de su reclamación y el coste de la misma. Entonces la Propiedad verá si considera o no dicha reclamación y en cualquier caso, el retraso en el pago por ésta no se considerará como demora y por lo tanto no podrá ser utilizada para incrementar el precio de la certificación. Una vez pasado el plazo de diez días o si no se pudiera realizar la medición de las unidades de obra tal y como se realizó en su momento por el avance de las obras se considerará la validez de la certificación y por lo tanto no se admitirá ningún tipo de reclamación.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán entre el Director de Obra y el Instalador. Estos precios deberán ser presentados por el Instalador debidamente especificados.

Los precios deberán ser presentados por el Contratista debidamente especificados, y la negociación de ellos será independiente de la ejecución de la unidad de obra, por lo que deberá realizar dicha obra una vez recibida la orden. Mientras no haya acuerdo o entendimiento entre las partes se certificará la base de los precios establecidos por la Propiedad. Cuando haya acuerdo, el precio podrá certificarse a cuenta de acopios de materiales en la cantidad que la Dirección de Obra estime oportuno. En la liquidación final no podrán darse pagos por excesos de materiales, ya que estos correrán siempre a costa del Instalador.

Las certificaciones por revisión irán separadas de las mensuales y el abono de dichas certificaciones no presupone la aceptación de los materiales en cuanto a su calidad, ya que la comprobación se realizará en el momento de puesta en obra. Del importe de certificaciones será descontado el porcentaje previamente fijado para el fondo de garantía.

Las certificaciones serán abonadas en el plazo de 120 días siguientes desde la fecha en que quede firmada cada una de las certificaciones, y el abono será por transferencia bancaria. Si no se cumplen los plazos de pago, el Instalador mediante una solicitud de demora podrá solicitar intereses por retraso, que serán proporcionales a la tardanza. El tipo de interés por el retraso quedará impuesto por el Banco de España como tipo de descuento comercial para dicho periodo.

## **4. CONDICIONES TÉCNICAS**

### **4.1. Calidad de los materiales**

#### **4.1.1. Todos en general**

Los materiales que intervengan en la instalación serán nuevos, de reciente fabricación y no habrán sido utilizados en ensayos o en otras instalaciones.





Los materiales a suministrar por la Empresa Instaladora serán los reseñados en el presupuesto y en los planos, en todo cuanto concierne a la parte mecánica, no siendo de su incumbencia el suministro de los materiales de obra civil, que correrán por cargo de la Propiedad.

Los materiales se deberán utilizar e instalar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante correspondiente, siempre que no haya contradicciones con los documentos del proyecto.

#### **4.1.2. Los materiales eléctricos**

##### **4.1.2.1. Código de identificación de los conductores**

El color de su aislamiento es la base del código que diferencia a unos conductores de otros:

- Azul claro: conductor de neutro.
- Amarillo-Verde: conductor de tierra y protección.
- Marrón, negro y gris: conductores activos.

Todos los cables que pertenezcan a un circuito deberán ir rotulados con su identificación sobre el propio cable.

##### **4.1.2.2. Conductores activos**

Los cables utilizados para la instalación eléctrica deberán ser de cobre y la proporción mínima en cobre electrolítico será del 99%.

Las conexiones se efectuarán, siempre que sea posible, mediante terminales de presión, y únicamente se retirará la envoltura (del cable) indispensable para realizar la unión, es decir, sin que el cable pelado sobresalga del borne.

Las derivaciones se realizarán siempre con bornes o en cajas especializadas, jamás se harán empalmes de torsión con cubrimiento de cinta.

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios, es decir, escogeremos el que nos dé una mayor sección:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes la ITC-REBT-44 para receptores de alumbrado y la ITC-REBT-47 para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y



cualquier punto de utilización, sea menor del 3% de la tensión nominal para alumbrado, y menor del 5% para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1.5%. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

Deberá tenerse en cuenta la caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores, no debiendo provocar esto condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de contactores, parpadeo de alumbrado,...

La sección del conductor de neutro será la especificada en la ITC-REBT-07, que se establece en función de la sección de los conductores de fase de la instalación.

#### **4.1.2.3. Conductores de protección**

Estos conductores sirven para unir eléctricamente las masas de la instalación y la conexión de estas al conductor de tierra con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 19.1 de la ITC-REBT 19. Si la indicación conduce a valores no normalizados, se utilizará la sección superior más cercana. Esta sección puede ser utilizada siempre y cuando el conductor de protección esté realizado del mismo material que los conductores activos.

Cuando el conductor de protección este fuera de la canalización de alimentación la sección de dichos conductores será de 2.5 mm<sup>2</sup> (si disponen de protección mecánica) ó de 4 mm<sup>2</sup> (si no disponen de protección mecánica).

#### **4.1.2.4. Tubos protectores**

Los tubos protectores serán distintos si van empotrados o por falso techo que serán de PVC no propagadores de llamas normales o si van por montaje superficial, que serán rígidos blindados estancos de PVC.

El diámetro de los tubos deberemos sacarlo a partir de las diferentes tablas de la ITC-REBT 21.

#### **4.1.2.5. Interruptores, conmutadores y tomas de corriente**

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán de material aislante y permitirán como mínimo un total de 10000 maniobras de apertura y cierre con su carga nominal. Además tendrán el espacio suficiente para



que ninguna de sus piezas supere los 65 °C de temperatura. Deberán llevar marcada la tensión y la corriente nominal.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominal y dispondrán de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en las paredes, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado. En caso de que existan más de una toma colindante deberán alojarse en la misma caja, la cual deberá estar suficientemente dimensionada para que no se produzcan contactos.

#### **4.1.2.6. Cajas de empalmes y derivaciones**

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. La profundidad mínima será de 40 mm y su diámetro o lado interior mínimo de 60 mm. Si se desea que estas cajas sean estancas, se utilizara para empalmar los cables prensaestopas o recubrimiento de cola especial. La tapa de las cajas irá atornillada por lo menos en dos puntos.

Las dimensiones mínimas de caja a utilizar serán de 100 x 100 mm. Las cajas que se instalen superficialmente deberán estar unidas en dos puntos como mínimo. Los agujeros de las paredes de la caja para la entrada de los tubos serán ajustados al diámetro de ellos.

#### **4.1.2.7. Aparatos de protección**

Los interruptores magnetotérmicos serán de accionamiento manual y podrán cortar la corriente máxima del circuito en el que se coloquen sin sufrir ningún tipo de daño por temperatura. Solo tendrán 2 posiciones, y no permitirán la formación de arcos eléctricos permanentes.

Los interruptores serán de corte omnipolar y cuando los magnetotérmicos o los diferenciales no aguanten las corrientes de cortocircuito irán protegidos con fusibles calibrados, que serán distintos dependiendo del circuito que protejan.

#### **4.1.2.8. Cuadros de protección y maniobra**

Los cuadros serán metálicos contruidos con chapa de acero y del color que la Dirección Técnica decida. Los paneles estarán elevados respecto al suelo, y si se encuentran en talleres, por seguridad, se encontrarán como mínimo a 60 cm.

Los cuadros estarán debidamente puestos a tierra mediante cobre electrolítico y los cables que entren y salgan de él deberán hacerlo por debajo, salvo contraindicación de la Dirección Técnica.

El cierre de la puerta podrá ser con cerradura o a presión, pero se suele utilizar este segundo método a no ser que se especifique lo contrario.



El conexionado entre los dispositivos de protección situados en los cuadros se ejecutará ordenadamente, disponiendo de regletas de conexionado para los conductores activos y para el conductor de protección.

#### **4.1.2.9. Alumbrado**

Las lámparas y tubos de descarga deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Deberán quedar fuera del alcance de la mano tanto las lámparas como las conexiones.
- Los interruptores destinados a estas lámparas estarán previstos para cargas inductivas o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o receptores.
- Los circuitos de alimentación a lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar las cargas previstas para los receptores, a los elementos asociados y a sus correspondientes armónicos. La carga mínima prevista será 1.8 la potencia de los receptores.
- Todas las partes bajo tensión, excepto las partes destinadas a iluminar, estarán protegidas con elementos aislantes o metálicos puestos a tierra.

#### **4.1.2.10. Alumbrados especiales**

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación del alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática en el momento que se produzca un corte breve.

#### **Alumbrado de seguridad**

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.



### Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 1 lux.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

### Alumbrado ambiente

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0.5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 metro.

El alumbrado ambiente deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminación prevista

## **4.2. Normas de ejecución**

### **4.2.1. En general**

Se realizará la instalación de forma que permita la fácil introducción y retirada de los conductores, tanto en las bandejas como en los tubos, siempre, que estos estén colocados previamente.

No se permitirán más de tres conductores en los bornes por cada extremo de conexión.

Es preferible la utilización de interruptores omnipolares, pero en el caso de utilizarse unipolares, este deberá seccionar el conductor activo.

No se utilizará un mismo conductor de neutro para varios circuitos. Cualquier conductor, activo o no, podrá seccionarse en cualquier punto de la instalación.

Las tomas de corriente de una habitación deben estar conectadas a una misma fase, y si esto no fuera así, las tomas con distintas fases deberían estar separadas al menos 1.5 metros. Todas las tomas deberán tener un contacto de toma a tierra, ya que es obligatorio que los aparatos de uso en la actividad lleven enchufes con dispositivos de toma a tierra.



Todos los interruptores o pulsadores de maniobra deberán ser de material aislante.

Los circuitos eléctricos deberán ir protegidos contra sobreintensidades (interruptores automáticos) o cortocircuito (fusibles), que irán dispuestos sobre el conductor activo.

Deberá disponerse de un punto de puesta a tierra accesible y señalizado para poder medir la resistencia de tierra.

#### **4.2.2. Instalación eléctrica**

##### **4.2.2.1. Canalizaciones con tubos protectores en montaje interior**

Para las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrán en cuenta las siguientes preinscripciones:

- Las canalizaciones se harán siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las paredes que limitan el local donde se realiza la instalación
- Los tubos deberán unirse entre sí mediante los accesorios adecuados para que se asegure la continuidad de la protección que dan a los conductores. Si los tubos deberían ser estancos, los empalmes se podrán recubrir con cola.
- Las curvas en los tubos no reducirán la sección mínima que especifica el fabricante.
- Deberá ser fácil la introducción de los conductores después de estar montados los tubos, por lo que se disponen de registros a 15 metros como máximo si son tramos rectos, y pudiendo haber 3 curvas como máximo entre registros. Dichos registros pueden servir además como cajas de derivación o empalme, siempre que las conexiones se realicen con los bornes de conexión adecuados.
- Si se colocan tubos metálicos deberá tenerse en cuenta los fenómenos de condensación que se pueden dar en ellos, asegurando la evacuación del agua que se cree y su ventilación adecuada. Además se deberá tener en cuenta que los bordes no tengan rebabas que puedan dañar los conductores. Los conductores metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra, con una distancia máxima entre puestas a tierra de diez metros, y jamás se podrá utilizar los tubos como conductor de protección o neutro.
- Para evitar los efectos del frío y el calor por instalaciones colindantes se protegerán las canalizaciones con pantallas de protección de calor, con distancia suficiente entre las distintas instalaciones o con materiales aislantes adecuados.

##### **4.2.2.2. Canalizaciones con tubos protectores en montaje superficial**

Cuando las canalizaciones se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta también las siguientes preinscripciones:



- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose y usando las bridas o abrazaderas necesarias, siempre que estas estén protegidas contra corrosión y sólidamente sujetas.
- La altura de los tubos deberá ser superior a los 2.50 metros, siempre que sea posible, para evitar daños mecánicos.

#### **4.2.2.3. Conductores en bandeja**

Sólo se utilizan conductores aislados con cubierta, unipolares o multipolares. La anchura de las bandejas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible por la bandeja en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes,... tendrán la misma calidad y características que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paredes mediante herrajes, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y deberán estar perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes mediante soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

#### **4.2.2.4. Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas**

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por lo tanto, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas,... a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

#### **4.2.2.5. Acceso a las instalaciones**

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se



establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, cambios,...

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismo, interruptores, bases, reguladores,... instalados en los locales húmedos o mojados serán de material aislante.

#### **4.2.2.6. Alumbrado**

La masa de las luminarias suspendidas de cables flexibles no deben exceder de 5 Kg. Los conductores que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección.

El uso de lámparas de gases con descargas a Alta Tensión, como por ejemplo las de neón, se permitirá cuando su ubicación esté fuera del local o cuando se instalen envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor de neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0.9.

#### **4.2.2.7. Motores**

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.





Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección para ambas conexiones.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor como consecuencia del restablecimiento de la tensión pueda provocar accidentes o perjudicar al motor.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieron producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0.75 KW deben estar previstos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el periodo de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 KW a 1,5 KW	4,5
De 1,5 KW a 5 KW	3
De 5 KW a 15 KW	2
Más de 15 KW	1,5

#### 4.2.2.8. Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con el fin de limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurando la actuación de las protecciones y disminuyendo el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa de una parte del circuito o de una parte conductora mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de ellos.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencia externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

#### 4.2.2.9. Uniones a tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por: barras, tubos, pletinas, conductores desnudos (de cobre), placas, anillos o mallas metálicas, armaduras de hormigón enterradas (excepto las pretensadas) u otras estructuras que se demuestre que son apropiadas.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0.5 m.

La sección de los conductores de tierra cuando están enterrados debe estar acorde con la tabla 2 de la ITC-REBT-18.

### 4.3. Centro de Transformación

#### 4.3.1. Obra civil

Los Centros estarán constituidos enteramente con material no combustible, y los elementos delimitadores del Centro (muros exteriores, cubierta, puertas,...) deberán tener una resistencia al fuego de acuerdo con la norma NBE CPI-96.

Los muros del Centro deberán tener entre sus parámetros una resistencia mínima de  $100000\Omega$ . La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de  $100\text{ cm}^2$  cada una.

El Centro de Transformación tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmita niveles sonoros superiores a 30 dB durante la noche y de 55 dB durante el día.

Ninguna de las aberturas del centro (rejillas) permitirá el paso de un objeto de 12 mm de diámetro, y las rejillas que den a partes con tensión no dejarán pasar objetos de más de 2.5 mm de diámetro.



### 4.3.2. Aparamenta de Alta Tensión

La Aparamenta de Alta Tensión estará constituida por conjuntos compactos que se encontrarán bajo envolventes metálicas, y estarán diseñados para una tensión admisible de 36 KV.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato que tenga tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra), con el fin de imposibilitar el cierre simultáneo del interruptor y del seccionador de puesta a tierra. Dicho elemento deberá ser capaz de soportar la intensidad nominal que vaya a circular por él y de soportar más de 100 maniobras de apertura y cierre.

### 4.3.3. Características constructivas

Los conjuntos compactos deberán tener una envolvente única con dieléctrico de hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). Toda la Aparamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre. En la cuba habrá una sobrepresión de 0.3 bar sobre la presión atmosférica. Se deberá encontrar sellada de tal forma que garantice que al menos durante 30 años no sea necesaria la reposición de gas. La cuba cumplirá la norma CEI 56. En la parte posterior se dispondrá de un sistema que asegure la evacuación de las eventuales sobrepresiones que puedan producirse sin daño ni para el operario ni para las instalaciones.

La seguridad de explotación será completada por los dispositivos de enclavamiento por candados existentes en cada uno de los ejes de accionamiento. Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas y los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura cómoda.

El interruptor-seccionador tendrá un esquema del circuito principal donde se vea su eje de accionamiento. También se añadirá a este esquema la posición en la que se encuentre el interruptor-seccionador.

#### 4.3.3.1. Compartimento de aparrallaje

Estará relleno de  $\text{SF}_6$  y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación. La presión relativa de llenado será de 0.3 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serán canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección a la parte frontal. Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador. El seccionador de puesta a tierra dentro del  $\text{SF}_6$ , deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 KA. El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.



#### **4.3.3.2. Compartimento de juego de barras**

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexionadas mediante tornillos de cabeza Allen de métrica 8.

#### **4.3.3.3. Compartimento de conexión de cables**

Se podrán conectar cables ecos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos o termorretráctiles para cables de papel impregnado.

#### **4.3.3.4. Compartimento de mando**

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones
- Bobinas de cierre y/o apertura
- Contactos auxiliares

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el Centro.

#### **4.3.3.5. Compartimento de control**

Si se trata de mandos motorizados, el compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

#### **4.3.3.6. Fusibles**

En la protección ruptofusible se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de este proyecto. Se instalarán en tres compartimentos individuales estancos, cuya apertura estará enclavada con el seccionador de puesta a tierra, el cuál pondrá a tierra ambos extremos de los fusibles.

#### **4.3.4. Transformador**

El transformador a instalar será trifásico con neutro accesible en Baja Tensión, refrigeración natural en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante



conmutador accionable estando el transformador desconectado, **servicio continuo y demás características detalladas en la memoria**. La colocación del transformador se realizará de forma que éste quede correctamente instalado sobre vigas de apoyo.

#### **4.3.4.1. Normas de ejecución de las instalaciones**

Todas las normas de construcción e instalación del Centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas. Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la propia compañía eléctrica.

Deberá tenerse cuidado con los materiales, de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo quitar y reemplazar todos los que hubieran sufrido algún desperfecto.

#### **4.3.4.2. Pruebas reglamentarias**

La Aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada. Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de una entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores: resistencia de aislamiento de la instalación y del sistema de puesta a tierra y la tensión de paso y de contacto.

#### **4.3.5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad**

##### **4.3.5.1. Prevenciones generales**

- Queda prohibida la entrada en el Centro a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- Se instalarán en sitios visibles y en su entrada placas con el símbolo de “Peligro de muerte”.
- No está permitido tener en el interior del local nada más excepto lo destinado al servicio del Centro (banqueta, guantes,...).
- No está permitido fumar ni encender ningún tipo de combustible en el local, y en caso de incendio no se utilizará agua.
- No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión sin encontrarse sobre la banqueta, aunque se esté aislado.



- En un sitio visible, en el interior del Centro, deberá estar el presente reglamento y el esquema de todas las conexiones de la instalación.

#### **4.3.5.2. Puesta en servicio**

Se conectarán primero los seccionadores de Alta Tensión, y a continuación el interruptor de Alta Tensión, dejando de esta forma el transformador en vacío. Seguido se conectará el interruptor general de Baja Tensión, y por último a la maniobra de la red de Baja Tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o se fundiera un fusible, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la instalación y si se observase alguna irregularidad, se notificará en ese instante a la empresa suministradora (Iberdrola).

#### **4.3.5.3. Separación de servicio**

Se procederá en orden inverso al del párrafo uno del apartado anterior.

Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

Con el propósito de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores así como en las bornas de fijación de las líneas de Alta y Baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida asiduidad. Si se tuviera que intervenir en la parte de la línea comprendida entre la celda de entrada y el seccionador aéreo exterior, se avisará por escrito a la compañía suministradora de la electricidad para que corte la corriente en la línea alimentadora. Los trabajos no podrán comenzar sin la conformidad de la compañía, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de Alta se encuentra en perfectas condiciones, para garantizar la seguridad de personas e instrumentos.

La limpieza se hará sobre banqueta y con trapos perfectamente secos. El aislamiento necesario para garantizar la seguridad personal sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en otros objetos que estén puestos a tierra.

#### **4.3.5.4. Prevenciones especiales**

No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

No debe de sobrepasar los 60 °C la temperatura del líquido refrigerante en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo, se empleará de la misma calidad y características.



Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra, y se vigilará el buen estado de los aparatos, poniendo en conocimiento de la compañía suministradora cualquier anomalía en el funcionamiento del Centro para su corrección.

## 5. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

El usuario de las instalaciones, a fin de disponer de plenas garantías de seguridad en el uso de las mismas, deberá conectar los receptores en las condiciones de seguridad a la que está preparada la instalación:

- Las máquinas portátiles y otros aparatos que deban conectar deberán disponer de clavijas adecuadas para la conexión de dicha maquinaria tanto a los conductores de fase y neutro como al de protección o tierra.
- No sustituir ninguna lámpara ni realizar operación alguna en los receptores sin haberse antes cerciorado de que no hay posibilidad de existencia de corriente en el punto de manipulación, para lo cual lo más seguro será desconectar el interruptor Magnetotérmico del circuito al que pertenece dicho punto o desconectar el interruptor general.

## 6. CERTIFICADO Y DOCUMENTACIÓN QUE DEBE DISPONER EL TITULAR

A efectos de legalizar las instalaciones, se deberá disponer de la siguiente documentación:

- Empresa Promotora
  - Nombre de la empresa
  - CIF y domicilio fiscal
  - Nombre, apellidos y DNI del representante legal
- Instalador autorizado
  - Nombre de la empresa instaladora
  - Número de Carnet de Instalador Autorizado
  - Categoría y especialidad del Instalador
  - Domicilio fiscal
  - Certificados de Instalación Eléctrica en Baja Tensión
- Director de la Instalación Eléctrica:
  - Certificado de final de obra



PAMPLONA, 30 DE AGOSTO DE 2010

ÁLVARO ITOIZ DONAMARÍA





## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

### DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

Alumno: Álvaro Itoiz Donamaría

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 30 de Agosto de 2010



## ÍNDICE

### PRESUPUESTO

pág.

1. Capítulo 1: Acometida	2
2. Capítulo 2: Cuadro general de protección	2
3. Capítulo 3: Cuadros secundarios de protección	3
3.1. C.S.1: Mantenimiento	3
3.2. C.S.2: Oficinas	4
3.3. C.S.3: Maquinaria	5
3.4. C.S.4: Almacén	6
3.5. Cuadros tomas de corriente	7
4. Capítulo 4: Circuitos	7
5. Capítulo 5: Mecanismos	8
6. Capítulo 6: Tierra	9
7. Capítulo 7: Luminarias	10
8. Capítulo 8: Centro de Transformación	12
8.1. Edificio prefabricado	12
8.2. Puesta a tierra del C. T.	12
9. Compensación de energía reactiva	13
10. Todos los capítulos	13
11. Resumen precios	15



## **PRESUPUESTO**

Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

### **CAPITULO 1: ACOMETIDA**

Ud.	Preparación de la zanja para la disposición del conductor	16,5	5,20	85,80
ML	M.I. de derivación individual, RVK 0,6/1 KV 3x300 +1x150 mm <sup>2</sup> para conexión enterrada. Caja General de Protección Contador- Cuadro General de Protección, bajo tubo PVC 180, instalado incluyendo material de fijación, embornamiento, señalización en extremo.	50	45,30	2265,00

Total Capítulo 1:	<b>2350,80</b>
-------------------	----------------

Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

### **CAPITULO 2: CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN**

Ud.	Cofret metálico de 48 módulos en dos filas con altura para todo tipo de conexión (200mm) y placa superior y tapa perforada para interruptor general de caja moldeada en colocación horizontal, con altura de 4 módulos de 50 mm, de MERLIN GERIN o similar, Prisma G.	1	147,21	147,21
Ud.	Interruptor General de corte omnipolar de 630 A, de Merlin Gerin, NS250N, o similar, 22KA de poder de corte, 4 polos.	1	1393,10	1393,10
Ud.	Ud. Interruptor diferencial marca Moeller, modelo PFIM-630/4/05, 630 A, 500 mA, 4polos. Instalado.	1	1127,64	1127,64
Ud.	Interruptor Automático Magnético 3+N polos 22KA curva C/160 A, modular	1	945,06	945,06
Ud.	Interruptor Automático Magnético 3+N polos 22KA curva C/100	1	945,06	945,06

Ud.	Interruptor Automático Magnético 3+N polos 22KA curva C/250 A.	1	1376,68	1376,68
Ud.	P/A Mano de obra montaje y material instalación	1	110,44	110,44

Total Capítulo 2:	<b>6045,19</b>
-------------------	----------------

Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

### **CAPITULO 3: CUADROS SECUNDARIOS DE PROTECCIÓN**

#### **C.S.1: MANTENIMIENTO**

Ud.	Cofret metálico de siete filas con altura para conexión por peines o cable a cable y placa superior y tapa perforada para interruptor seccionador de caja moldeada en colocación vertical con altura de 4 módulos de 50 mm, de MG o similar, Prisma G	1	372,57	372,57
Ud.	Interruptor seccionador 160 A, 22KA, 4 polos, de mando rotativo.	1	945,06	945,06
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar 63 A. y 300 mA de sensibilidad	1	305,31	305,31
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar 63 A. y 30 mA de sensibilidad	2	339,31	678,62
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar 40 A. y 300 mA de sensibilidad	7	247,31	1731,17
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar 40 A. y 30 mA de sensibilidad	1	247,31	247,31
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Bipolar 40 A. y 300 mA de sensibilidad	1	201,09	201,09
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Bipolar 40 A. y 30 mA de sensibilidad	1	201,09	201,09
Ud.	Interruptor Automático Mgnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/63 A.	1	211,63	211,63
Ud.	Interruptor Automático Mgnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/40 A.	4	192,53	770,12

Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/10 A.	2	69,86	139,72
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 6 KA curva C/10 A.	1	149,94	149,94
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/10 A.	19	74,35	1412,65
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/6 A.	3	40,59	121,77
Ud.	Contactor Tipo AC5, 10 A, 230/240 V.	11	23,96	263,56
Ud.	Telerruptor 10 A, 2 polos, 230 V.	1	16,93	16,93
Ud.	Reloj interruptor horario con programación diario y/o semanal	2	43,09	86,18
Ud.	P/A Mano de obra montaje y material instalación	1	202,84	202,84

Total C.S.1:	<b>8057,56</b>
--------------	----------------

#### C.S.2: OFICINAS

Ud.	Armario metálico modular, para 96módulos (18 mm) en cuatro filas, de MG mod. Pragma F, o similar, de superficie, de dimensiones 750x550x170 mm, con puerta plena, carriles y bornes completos	1	130,49	130,49
Ud.	Interruptor seccionador 100 A, 10KA, 4 polos, de mando rotativo.	1	679,02	679,02
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad	1	247,31	247,31
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad	3	201,09	603,27
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A. y 30 mA de sensibilidad	4	201,09	804,36
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 10 KA curva C/10 A.	1	152,87	152,87
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/63 A.	1	93,63	93,63



Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/32 A.	1	108,20	108,20
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/130 A.	1	85,90	85,90
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/25 A.	1	75,90	75,90
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/20 A.	1	75,90	75,90
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/16 A.	6	98,75	592,50
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/10 A.	7	74,35	520,45
Ud.	P/A Mano de obra montaje y material instalación	1	101,78	101,78

Total C.S.2:	<b>4271,58</b>
--------------	----------------

### C.S.3: MAQUINARIA

Ud.	Armario metálico modular, para 96 módulos (18 mm) en cuatro filas, de MG mod. Pragma F, o similar, de superficie, de dimensiones 750x550x170 mm, con puerta plena, carriles y bornes completos	1	130,49	130,49
Ud.	Interruptor seccionador 250 A, 22KA, 4 polos, de mando rotativo	1	1376,68	1376,68
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 63 A. y 300 mA de sensibilidad.	1	305,31	305,31
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad.	7	247,31	1731,17
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/63 A.	1	261,20	261,20
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/30 A.	2	241,39	482,78

Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/16 A.	2	215,09	430,18
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 22 KA curva C/10 A.	9	159,80	1438,20
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 10 KA curva C/10 A.	1	152,87	152,87
Ud.	P/A Mano de obra montaje y material instalación	1	147,17	147,17

Total C.S.3: **6456,05**

#### C.S.4: ALMACÉN

Ud.	Armario metálico modular, para 48 módulos (18 mm) en tres filas, de MG mod. Pragma F, o similar, de superficie, de dimensiones 450x550x170 mm, con puerta plena, carriles y bornes completos.	1	83,68	83,68
Ud.	Interruptor seccionador 40 A, 22 KA 4 polos.	1	192,53	192,53
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad.	2	247,31	494,62
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A. y 30 mA de sensibilidad.	1	247,31	247,31
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 3 KA curva C/40 A.	2	75,28	150,56
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3+N polos 3 KA curva C/10 A.	2	63,75	127,50
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 3 KA curva C/10 A.	3	36,31	108,93
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 3 KA curva C/6 A.	1	25,30	25,30
Ud.	Telerruptor 10 A, 2 polos, 230 V.	3	16,93	50,79
Ud.	P/A Mano de obra montaje y material instalación	1	110,74	110,74

Total C.S.4: **1591,96**

**CUADROS TOMAS DE CORRIENTE**

Ud.	Cuadro para tomas de corriente, de dimensiones 400x248x125, provisto de caja para equipos modulares con perfil DIN simétrico, previsto para fijar 3 Tomas de Corriente	33	43,09	1421,97
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Bipolar de 40 A. y 30 mA de sensibilidad.	33	201,09	6635,97
Ud.	Interruptor Automático Diferencial Tetrapolar de 40 A. y 300 mA de sensibilidad.	33	247,31	8161,23
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 3 polos 3 KA curva C/20 A.	33	64,99	2144,67
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 6 KA curva C/10 A.	33	36,31	1198,23
Ud.	Interruptor Automático Magnetotérmico 1+N polos 3 KA curva C/20 A.	33	52,15	1720,95
Ud.	Toma de corriente industrial de 16 A III+TT, recta de empotrar, IP44, con tapa de protección color rojo.	66	3,83	252,78
Ud.	Toma de corriente industrial de 16 A I + TT, recta de empotrar, IP44, con tapa de protección color azul	66	1,92	126,72
Ud.	P/A Mano de obra montaje y material instalación	1	38,58	38,58

Total Cuadros T.C.:	<b>21701,10</b>
---------------------	-----------------

Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

**CAPITULO 4: CIRCUITOS**

ML.	Bandeja de varilla de acero galvanizado tipo Rejiband de 200 mm de ancho y 70 mm de ala, incluidos accesorios y colocación	210,00	6,54	1373,40
ML.	Conductor de cobre 3x35 + 1x16 mm <sup>2</sup> , 0,6/1 KV tipo RVK	46,00	13,43	617,78



ML.	Conductor de cobre 3x25 + 1x16 mm2, 0,6/1 KV tipo RVK	55,00	10,63	584,65
ML.	Conductor de cobre 4x16 mm2, 0,6/1 KV tipo RVK + 1x16 T	11,00	9,72	106,92
ML.	Conductor de cobre 4x10 mm2, 0,6/1 KV tipo RVK + 1x10 T	10,00	8,43	84,30
ML.	Conductor de cobre 4x6 mm2, 0,6/1 KV tipo RVK + 1x6 T	433,00	2,61	1130,13
ML.	Conductor de cobre 4x4 mm2, 0,6/1 KV tipo RVK + 1x4 T	210,00	1,87	392,70
ML.	Conductor de cobre 4x2,5 mm2, 0,6/1 KV tipo RVK + 1x2,5 T	234,00	1,46	341,64
ML.	Conductor de cobre 2x6 mm2, 0,6/1 KV tipo RVK + 1x6 T	215,00	1,57	337,55
ML.	Conductor de cobre 2x4 mm2, 0,6/1 KV tipo RVK + 1x4 T	685,00	1,16	794,60
ML.	Conductor de cobre 2x2,5 mm2, 0,6/1 KV tipo RVK + 1x2,5 T	785,00	1,16	910,60
ML.	Conductor de cobre 3x2,5 mm2 con T. de aislamiento 750 V, tipo H07V-R. Bajo tubo PVC corrugado d20, con cajas de derivación, colocación completa en falsos techos y rozas.	948,00	1,15	1090,20
ML.	Conductor de cobre 3x1,5 mm2 con T. de aislamiento 750 V, tipo H07V-R. Bajo tubo PVC corrugado d16, colocación completa en falsos techos y rozas.	237,00	0,99	234,63
Ud.	Caja de derivación superficie en pared para cajas de Tomas de Corriente en taller y recepción	29	4,62	133,98
ML.	Tubo metálico protección d40 para conexión a cuadros auxiliares y maquinaria desde bandeja	86,00	5,68	488,48
Ud.	P/A Mano de obra y material de instalación.	1	2253,80	2253,80

Total Circuitos: **10875,36**

Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

### **CAPITULO 5: MECANISMOS**

Ud.	Bases de enchufe Jung CD 121+520-45+LS990Z	51	9,57	488,07
Ud.	Pulsador luminoso de superficie, para taller y almacén.	10	10,62	106,20

Ud.	Caja de superficie con 6 interruptores de 10 A.	1	25,60	25,60
Ud.	Ídem de color naranja	16	9,57	153,12
Ud.	Tomas de TF de pared Jung UAE 4 UPO + LS52321RS + LS990	21	11,87	249,35
Ud.	Tomas de TF de pared Jung UAE 8 UPO + LS52321RS + LS991	21	11,87	249,35
Ud.	Interruptor sencillo marca JUNG serie 900 501U + TL990 + TL961Z o similar, color a definir en obra, con embellecedor, conductor de cobre flexible T 750 V, sección 1,5 mm <sup>2</sup> , tubo de PVC flexible PG 13 mm, gp7, empotrado, conexionado, mano de obra de montaje.	29	11,08	321,32
Ud.	Interruptor conmutador marca JUNG serie 900 506U + LS990 + LS990Z o similar, color a definir en obra, con embellecedor, conductor de cobre flexible T 750 V, sección 1,5 mm <sup>2</sup> , tubo de PVC flexible PG 13 mm, gp7, empotrado, conexionado, mano de obra de montaje.	21	12,10	254,10
Ud.	Interruptor de cruce marca JUNG serie 900 507U + LS990 + LS990Z o similar, color a definir en obra, con embellecedor, conductor de cobre flexible T 750 V, sección 1,5 mm <sup>2</sup> , tubo de PVC flexible PG 13 mm, gp7, empotrado, conexionado, mano de obra de montaje.	14	19,22	269,08

Total Mecanismos: **2116,20**

Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

### **CAPITULO 6: TIERRA**

Ud.	Caja de seccionamiento a tierra, marca URIARTE o similar, modelo CST-50, incluyendo mano de obra.	1	38,99	38,99
Ud.	Pica de tierra de acero cobrizado, marca URIARTE o similar, modelo PTC-1,420, de 2m de longitud y 16 mm de diámetro colocada.	5	38,58	192,90



Ud.	Arqueta prefabricada con marco, marca PREMULASA o similar, dimensiones 50x45 incluyendo lecho de grava o arena y mano de obra	5	19,57	97,85
Ud.	Tapa de registro metálica, marca URIARTE o similar, modelo TR-230, incluyendo mano de obra.	5	10,73	53,65
Ud.	Registro para toma de tierra de PVC de 250x250 mm marca URIARTE modelo TRP/250 o similar, totalmente colocado.	1	5,59	5,59
ML.	Cable de cobre 35 mm <sup>2</sup> desnudo colocado	425	0,74	314,50
Ud.	Conexión eléctrica entre cable de tierra, picas y pilares metálicos, de marca CADWELL o similar, con soldadura aluminotérmica, incluyendo mano de obra.	75	5,48	411,00
Ud.	Conexión eléctrica entre cable de tierra y barra de conexión, de marca CADWELL o similar, con soldadura aluminotérmica, incluyendo mano de obra.	1	16,14	16,14
Ud.	Conexión equipotencial en cuartos de baño y aseos con conductor de cobre flexible con T. aislamiento de 750 V, de sección 1x4 mm <sup>2</sup> , incluso soldadura autógena o collarines de material no férreo, mano de obra de montaje, completo colocado.	9	11,51	103,59

Total Tierra:	<b>1234,21</b>
---------------	----------------

Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

### **CAPITULO 7: LUMINARIAS**

Ud.	Lámpara exterior clase I IP54 MPF111 1xHPI-T400W 230	9	718,00	6462,00
Ud.	Lámparas de vapor de sodio a. p., clase I, IP55. SNF100 1xSON-T150W 230V	4	328,00	1312,00
Ud.	Aparatos de luz Downlights 2x26 Portalámparas G24-d3	44	38,58	1697,52
Ud.	Aparatos de luz Downlights 2x18 estanco	2	55,53	111,06



Ud.	Luminaria fluorescente TPS350 4xTL5-54w/840 HFD WB	112	420,00	47040,00
Ud.	Luminaria fluorescente OPK-TCW060 2xTL-D 58w HF	25	178,00	4450,00
Ud.	Luminaria tipo industrial Máster HPI Plus 400w Bu E40 de halogenuros metálicos con Cabana HPK 150	61	420,00	25620,00
Ud.	Ídem con dispositivo de seguridad (incluye lámpara halógena de 250 W de encendido rápido)	5	203,11	1015,55
Ud.	Letreros luminosos led de distintos colores	3	1648,00	4944,00
Ud.	Luminaria de emergencia estanca, con tubo lineal fluorescente, 8 W - G5, flujo luminoso 100 lúmenes, carcasa de 405x134x134 mm, clase I, IP 65, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 1 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h.	32	119,42	3821,44
Ud.	Luminaria de emergencia estanca, con tubo lineal fluorescente, 8 W - G5, flujo luminoso 240 lúmenes, carcasa de 405x134x134 mm, clase I, IP 65, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 1 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h.	12	141,37	1696,44
Ud.	Luminaria de emergencia estanca, con tubo lineal fluorescente, 8 W - G5, flujo luminoso 420 lúmenes, carcasa de 405x134x134 mm, clase I, IP 65, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 1 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h.	14	160,56	2247,84
Ud.	Luminaria de emergencia y señalización de 2670 lúmenes	9	870,00	7830,00

Total Luminarias:	<b>108247,85</b>
-------------------	------------------



Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

### **CAPÍTULO 8: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

#### **EDIFICIO PREFABRICADO**

Ud.	Preparación y acondicionamiento para instalación de edificio prefabricado	1	1055,00	1055
Ud.	Excavación para foso y colocación del Centro de Transformación.	1	2907,30	2907,3
Ud.	Edificio de hormigón compacto modelo EHC-4T1D, de dimensiones exteriores 5,4x6,6m, incluyendo transporte y montaje.	1	22075,20	22075,2
Ud.	Celda - SM6 24 Merlin Gerin de llegada/salida de línea de seccionador	1	2843,27	2843,27
Ud.	Celda - SM6 24 Merlin Gerin de protección con interruptor automático	1	12980,00	12980
Ud.	Celda - SM6 24 Merlin Gerin de medida	1	8499,97	8499,97
Ud.	Transformador ORMAZABAL 400 KVA, aislamiento 24 KV	1	7666,07	7666,07
Ud.	Extintor	1	195,85	195,85
Ud.	Par de guantes de maniobra	1	113,75	113,75
Ud.	Taburete aislante prfv	1	68,47	68,47
Ud.	Placa "peligro de muerte"	1	27,18	27,18
Ud.	Placa "primeros auxilios"	1	17,38	17,38
Ud.	Caja general de protección	1	416,23	416,23
Ud.	Cuadro de contadores	1	4234,51	4234,51
Ud.	Cuadro de B.T.	1	490,51	490,51
Ud.	P/A Mano de obra y material de instalación.	1	2000,00	2000

<b>TOTAL CENTRO:</b>	<b>65590,69</b>
----------------------	-----------------

#### **PUESTA A TIERRA DEL C.T.**

Ud.	Tierra de servicio según código 5/44 y cable de cobre para su conexión	1	2600	2600
Ud.	Tierra de protección según código 70-60/5/46 y conductor aprovechando el mallazo del C.T.	1	1553,75	1553,75

<b>TOTAL TIERRA:</b>	<b>4153,75</b>
----------------------	----------------



Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

### **CAPÍTULO 9: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA**

Ud.	Rectimat 2 estándar 400 V con interruptor automático y 105 KVA <sub>r</sub>	1	18842	18842
Ud.	P/A Mano de obra y material de instalación.	1	640	640

<b>TOTAL REACTIVA:</b>	<b>19482</b>
------------------------	--------------

Ud.	Concepto	Medición	Precio Ud.	Total
-----	----------	----------	------------	-------

### **RESUMEN DE TODOS LOS CAPÍTULOS**

Ud.	CAPÍTULO 1: ACOMETIDA	2350,80
Ud.	CAPÍTULO 2: CUADRO GENERAL	6045,19
Ud.	CAPÍTULO 3: CUADROS SECUNDARIOS	42078,25
Ud.	CAPÍTULO 4: CIRCUITOS	10875,36
Ud.	CAPÍTULO 5: MECANISMOS	2116,20
Ud.	CAPÍTULO 6: TIERRA	1234,21
Ud.	CAPÍTULO 7: LUMINARIAS	108247,85
Ud.	CAPÍTULO 8: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	69744,44
Ud.	CAPÍTULO 9: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	19482

<b>TOTAL ELECTRICIDAD</b>	<b>262174,30</b>
-------------------------------	------------------

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>262174,30</b>
--	------------------



**El presupuesto de Ejecución Material asciende a la cantidad de:**

**DOSCIENTOS SESENTA Y DOS MIL CIENTO SETENTA Y CUATRO CON TREINTA EUROS.**

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>262174,30</b>
Gastos Generales 16%	41947,888
Beneficio Industrial 6%	15730,458

<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>319852,64</b>
---	------------------

**El presupuesto de Ejecución Por Contrata asciende a la cantidad de:**

**TRESCIENTOS DIECINUEVE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y DOS CON SESENTA Y CUATRO EUROS.**

<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>319852,64</b>
18% IVA DE PEC	57573,476
<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA CON IVA</b>	<b>377426,12</b>

<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>319852,64</b>
Honorario redacción del proyecto 4%	12794,106
Honorario dirección del proyecto 4%	12794,106

<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>345440,86</b>
----------------------------------	------------------

**El presupuesto de Presupuesto General asciende a la cantidad de:**

**TRESCIENTOS CUARENTA Y CINCO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA CON OCHENTA Y SEIS EUROS.**

<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>345440,86</b>
18% IVA DE PG	62179,354
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL CON IVA</b>	<b>407620,21</b>



### RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Las partidas del presupuesto que aparecen con IVA las incluimos para el caso en que este proyecto pudiera ser para la Administración en vez de para una empresa privada, pero en el siguiente resumen enmarcaremos los precios que deberá abonar la empresa.

- PEM - Presupuesto de Ejecución Material: es el importe del coste de los materiales, mano de obra y herramientas al que ascendería la ejecución de la obra. De este presupuesto es de donde se pagan los distintos impuestos a los que se vea afectada la obra. En nuestro caso asciende a:

**DOSCIENTOS SESENTA Y DOS MIL CIENTO SETENTA Y CUATRO CON TREINTA EUROS. (262164,30€)**

- PEC – Presupuesto de Ejecución por Contrata: es la suma del PEM más los gastos generales y el importe del beneficio industrial. En nuestro caso asciende a:

**TRESCIENTOS DIECINUEVE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y DOS CON SESENTA Y CUATRO EUROS. (319852,64€)**

- PG – Presupuesto General: es la suma del PEC y el importe de los honorarios tanto por redacción como por dirección del proyecto de la obra. En nuestro caso asciende a:

**TRESCIENTOS CUARENTA Y CINCO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA CON OCHENTA Y SEIS EUROS.**





PAMPLONA, 30 DE AGOSTO DE 2010

ÁLVARO ITOIZ DONAMARÍA



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

## DOCUMENTO 6: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Alumno: Álvaro Itoiz Donamaría

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 30 de Agosto de 2010





## **ÍNDICE**

<b><u>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</u></b>	<b><u>pág.</u></b>
1. OBJETO	2
2. REAL DECRETO 1627/1997	2
3. DATOS DE LA OBRA	3
3.1. Situación	3
3.2. Características del local	3
3.3. Descripción de la obra	3
3.3.1. Peligrosidad de las tecnologías	3
3.3.2. Manejo y empleo de materiales	4
3.3.3. Equipos previstos	4
3.3.4. Datos más relevantes	4
4. FASES DE LA OBRA	4
4.1. Actuaciones previas	4
4.2. Trabajos estructurales	5
4.3. Montaje de instalaciones y acabados	5
5. RIESGOS LABORALES EVITABLES	
COMPLETAMENTE	5
6. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES	
COMPLETAMENTE	5
7. PRIMEROS AUXILIOS	9
8. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA OBRA	
GENERAL	10



# **ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## **DATOS GENERALES DE LA OBRA**

**SITUACIÓN:** Área industrial Arazuri-Orkoien, parcela 12.2 Arazuri (Navarra)

**TÉCNICO REDACTOR DEL ESTUDIO:** Álvaro Itoiz Donamaría

## **MEMORIA INFORMATIVA:**

### **1. OBJETO**

El Estudio Básico de seguridad y salud se realiza para identificar los riesgos laborales que pueden ser evitados, así como las disposiciones mínimas generales que se deben tomar para evitar los riesgos que entraña la ejecución de este proyecto.

Además, debe establecer el vestuario laboral de los trabajadores acorde a las homologaciones del Real Decreto de las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

### **2. REAL DECRETO 1627/1997**

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción expresa lo siguiente en el artículo 4:

1. *El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:*
  - a) *Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).*
  - b) *Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.*
  - c) *Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.*
  - d) *Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.*
2. *En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.*



### 3. DATOS DE LA OBRA

#### 3.1. Situación

El lugar en la que se va a realizar el proyecto está en el polígono de Arazuri-Orkoien en la parcela 12.2 que queda colindante con la calle C29 de dicho polígono. El área total de la parcela es de 5547.8 m<sup>2</sup>.

Se trata de una nave industrial nueva que no comparte medianiles.

DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	
Accesos a la obra	Los propios del local
Edificaciones colindantes	Una nave industrial
Suministro de energía eléctrica	Enterrada desde arqueta
Suministro de agua	Acometida del polígono industrial
Sistema de saneamiento	El de la nave
Servidumbres y condicionantes	Saneamientos

#### 3.2. Características del local

La nave tiene una superficie de 3560.28 m<sup>2</sup> distribuida la mayor parte en planta baja y con zona de oficinas en baja más dos alturas.

#### 3.3. Descripción de la obra

Se pretende dotar a la nave de la instalación eléctrica necesaria para llevar a cabo su trabajo de venta, alquiler, reparación y fabricación de maquinaria industrial, más concretamente de carretillas elevadoras.

##### 3.3.1. Peligrosidad de las tecnologías

Esta obra, además de las peligrosidades propias de las técnicas habituales de la construcción por sistema tradicional presenta peligrosidades especiales que están incluidas en el Anexo II del Real Decreto 1627/97:

- Graves caídas de altura, sepultamientos y hundimientos.
- En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión, se debe señalar y respetar la distancia de seguridad (5m) y llevar el calzado de seguridad.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados, como es el caso de las paredes de la nave.



### 3.3.2. Manejo y empleo de materiales

Los usuales en este tipo de obras: áridos, cemento, acero, materiales cerámicos, yeso, terrazo, azulejo,... No necesitarán atenciones ni técnicas especiales.

### 3.3.3. Equipos previstos

Se prevé la utilización de los equipos clásicos: hormigonera, sierras de disco, herramientas manuales (taladro, radial,...), puntales metálicos de altura regulable, andamios metálicos, tabloneros, carretillas, calderetas,...

MEDIOS	CARACTERÍSTICAS
Andamios metálicos tubulares apoyados	Deberán montarse bajo la supervisión de una persona competente. Se apoyarán sobre base sólida y preparada adecuadamente. Las cruces de San Andrés se colocan por ambos lados. Correcta disposición de los accesos a los distintos niveles de trabajo. Uso de cinturón de seguridad de sujeción.
Escaleras de mano	Zapatas antideslizantes. Deben sobrepasar 1 metro el punto de trabajo.
Instalación eléctrica	Cuadro general en caja estanca de doble aislamiento y a una altura mayor de 1 metro. Int. Diferencial de 0,3 A para líneas de fuerza. Int. Diferencial de 0,03 A para líneas de alumbrado a tensión mayor de 24 V. Int. Magnetotérmico general omnipolar accesible desde el exterior. Int. Magnetotérmicos en líneas de máquinas, tomas de corriente y alumbrado. La puesta a tierra se utilizará la del edificio.

### 3.3.4. Datos más relevantes

El precio de ejecución material de la obra asciende a la cantidad de 262164.30€. Para llevar a cabo el proyecto harán falta 4 empleados durante un periodo cercano a las 5 semanas.

## 4. FASES DE LA OBRA

### 4.1. Actuaciones previas

Comprende esta fase las labores previas a la ejecución de la obra.



#### 4.2. Trabajos estructurales

Comprende esta fase los derribos y levantes necesarios para permitir los trabajos que llevarán a conseguir la correcta instalación eléctrica definida en este proyecto. Tendrán lugar tanto en la superficie exterior como en la interior, definidas anteriormente.

#### 4.3. Montaje de instalaciones y acabados

Se encuentra en esta fase, que se solapa en parte con la anterior, el montaje de las instalaciones de fontanería, electricidad, prevención de incendios,... así como la última etapa de acabados que comprende en general aquellos trabajos de terminación tales como montaje de puertas, vidrios, pintura,... En este apartado nos referimos a la instalación de electricidad, objeto de este proyecto.

### 5. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE

La tabla siguiente contiene la relación de los riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS
Derivados de la rotura de instalaciones existentes.	Neutralización de dichas instalaciones.
Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas.	Corte del suministro, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.
Derivados de la colocación de andamios para la realización de estructura de la nave.	Se realizarán las paredes con bloques de hormigón.

### 6. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente evitados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afectan a toda la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta pueda dividirse.





<b><u>TODA LA OBRA</u></b>		
<b>RIESGOS</b>		
	Caídas de operarios al mismo nivel.	
	Caídas de operarios a distinto nivel.	
	Caídas de objetos sobre operarios.	
	Caídas de objetos sobre terceros.	
	Choques o golpes contra objetos.	
	Fuertes vientos.	
	Trabajos en condiciones de humedad.	
	Contactos eléctricos directos e indirectos.	
	Cuerpos extraños en los ojos.	
	Sobreesfuerzos.	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>		<b>GRADO ADOPCIÓN</b>
	Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.	Permanente
	Orden y limpieza de los lugares de trabajo.	Permanente
	Recubrimiento, o distancia de seguridad (1 m) a líneas eléctricas de B.T.	Permanente
	Iluminación adecuada y suficiente.	Permanente
	No permanecer en el radio de acción de las máquinas.	Permanente
	Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.	Permanente
	Señalización de la obra (señales y carteles).	Permanente
	Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.	Alternativa al vallado
	Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de más altura de 2 m.	Permanente
	Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.	Permanente
	Extintor de polvo seco, de eficacia 21 A-113 B	Permanente
	Evacuación de escombros.	Frecuente
	Escaleras auxiliares.	Ocasional
	Información específica.	Para riesgos concretos
	Cursos y charlas de formación.	Frecuente
	Grúa parada y en posición veleta	Con viento fuerte
	Grúa parada y en posición veleta	Final de cada jornada
<b>EQUIPS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>		<b>EMPLEO</b>
	Cascos de seguridad	Permanente
	Calzado protector	Permanente
	Ropa de trabajo	Permanente
	Ropa impermeable o de protección	Con mal



		tiempo
	Gafas de seguridad	Frecuente
	Cinturones de protección del tronco	Ocasional
<b><u>FASE: ALBAÑILERÍA Y CERRAMIENTOS</u></b>		
<b>RIESGOS</b>		
	Caídas de operarios al vacío.	
	Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores.	
	Atrapamientos y aplastamientos en manos durante el montaje de andamios.	
	Atrapamientos por los medios de elevación y transporte.	
	Lesiones y cortes en mano.	
	Lesiones, pinchazos y cortes en pies.	
	Dermatitis por contacto con hormigones, morteros y otros materiales.	
	Incendios por almacenamiento de productos combustibles.	
	Golpes o cortes con herramientas.	
	Electrocuciones.	
	Proyecciones de partículas al cortar materiales.	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>		<b>GRADO ADOPCIÓN</b>
	Apuntalamientos y apeos.	Permanente
	Pasos o pasarelas.	Permanente
	Redes verticales.	Permanente
	Redes horizontales.	Frecuente
	Plataforma de carga y descarga de material.	Permanente
	Barandillas rígidas a 0,9 m con listón intermedio y rodapié.	Permanente
	Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales.	Permanente
	Escaleras peldañeadas y protegidas.	Permanente
	Evitar trabajos superpuestos.	Permanente
	Bajante de escombros adecuadamente sujetas.	Permanente
	Protección de huecos de entrada de material en plantas.	Permanente
<b>EQUIPOS PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>		<b>EMPLEO</b>
	Gafas de seguridad.	Frecuente
	Guantes de cuero o goma.	Frecuente
	Botas de seguridad.	Permanente
	Cinturones y arneses de seguridad.	Frecuente
	Mástiles y cables fiadores.	Frecuente
<b><u>FASE: ACABADOS</u></b>		



<b>RIESGOS</b>	
	Caídas de operarios al vacío.
	Caídas de materiales transportados.
	Ambiente pulvígeno.
	Lesiones, pinchazos y cortes en pies.
	Dermatosis por contacto con materiales.
	Incendio por almacenamiento de productos combustibles.
	Inhalación por almacenamiento de productos combustibles.
	Quemaduras.
	Electrocución.
	Atrapamientos con o entre objetos o herramientas.
	Deflagraciones, explosiones e incendios.
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>	<b>GRADO ADOPCIÓN</b>
	Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada).
	Andamios.
	Plataformas de carga y descarga de material.
	Barandillas.
	Escaleras peldañeadas y protegidas.
	Evitar focos de inflamación.
	Equipos autónomos de ventilación.
	Almacenamiento correcto de los productos.
<b>EQUIPOS PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>	<b>EMPLEO</b>
	Gafas de seguridad.
	Guantes de cuero o goma.
	Botas de seguridad.
	Cinturones y arneses de seguridad.
	Mástiles y cables fiadores.
	Mascarilla filtrante.
	Equipos autónomos de respiración.
<b><u>FASE: INSTALACIONES</u></b>	
<b>RIESGOS</b>	
	Lesiones y cortes en manos y brazos.
	Dermatosis por contacto con materiales.
	Inhalación de sustancias tóxicas.
	Quemaduras.
	Golpes y aplastamiento de pies.
	Incendio por almacenamiento de productos combustibles.



	Electrocuciones.	
	Contactos eléctricos directos e indirectos.	
	Ambiente pulvígeno.	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>		<b>GRADO ADOPCIÓN</b>
	Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada).	Permanente
	Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes.	Permanente
	Protección del hueco del ascensor.	Permanente
	Plataforma provisional para ascensoristas.	Permanente
	Realizar las conexiones eléctricas sin tensión.	Permanente
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>		<b>EMPLEO</b>
	Gafas de seguridad.	Permanente
	Guantes de cuero o goma.	Ocasional
	Guantes aislantes.	Ocasional
	Botas de seguridad.	Ocasional
	Cinturones y arneses de seguridad.	Ocasional
	Mástiles y cables fiadores.	Ocasional
	Mascarilla filtrante.	Ocasional

## 7. PRIMEROS AUXILIOS

De acuerdo con el apartado A 3 Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

<b>PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA</b>		
<b>NIVEL DE ASISTENCIA</b>	<b>NOMBRE Y UBICACIÓN</b>	<b>DISTANCIA APROX. (Km)</b>
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria - Urgencias	Hospital de Navarra	10
Asist. Especializada - Hospital	Hospital de Navarra	10



## 8. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA OBRA GENERAL

_Ley de prevención de Riesgos Laborales.	Ley 31/95	08/11/1995	J.Estado	10/11/1995
_Reglamento de los Servicios de Prevención.	RD 39/97	17/01/1997	M.Trab.	31/01/1997
_Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.	RD 1627/97	24/10/1997	Varios	25/10/1997
_Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud.	RD 485/97	14/04/1997	M.Trab.	23/04/1997
_Modelo de libro de incidencias. Corrección de errores.	Orden	20/09/1986	M.Trab.	13/10/1986 31/10/1986
_Modelo de notificación de accidentes de trabajo.	Orden	16/12/1987		29/12/1987
_Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción.	Orden	20/05/1952	M.Trab.	15/06/1952
Modificación.	Orden	19/12/1953	M.Trab.	22/12/1953
Complementario.	Orden	02/09/1966	M.Trab.	01/10/1966
_Cuadro de enfermedades profesionales.	RRD 1995/78			25/08/1978
_Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Corrección de errores.	Orden	09/03/1971	M.Trab.	16/03/1971 06/04/1971
_Ordenanza trabajo industrias construcción, vidrio y cerámica.	Orden	28/08/1979	M.Trab.	
Anterior no derogada.	Orden	28/08/1970	M.Trab.	05/09/1970
Corrección de errores.				17/10/1970
Modificación (no derogada), Orden 28-08-70.	Orden	27/07/1973	M.Trab.	
Interpretación de varios artículos.	Orden	21/11/1970	M.Trab.	28/11/1970
Interpretación de varios artículos.	Resolución	24/11/1970	DGT	05/12/1970
_Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones.	Orden	31/08/1987	M.Trab.	
_Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos.	RD 1316/89	27/10/1989	M.Trab.	02/11/1989
Disposiciones mín. seg. Y salud sobre manipulación manual de cargas.	RD 487/97	23/04/1997	M.Trab.	23/04/1997
Reglamentos sobre trabajos con riesgo de amianto.	Orden	31/10/1984	M.Trab.	07/11/1984



Corrección de errores.				22/11/1984
Normas complementarias.	Orden	07/01/1987	M.Trab.	15/01/1987
Modelo libro de registro.	Orden	22/12/1987	M.Trab.	29/12/1987
_Estatuto de los trabajadores.	Ley 8/80	01/03/1980	M.Trab.	
Regulación de la jornada laboral.	RD 2001/83	28/07/1983		03/08/1983
Formación de comités de seguridad.	D. 423/71	11/03/1971	M.Trab.	16/03/1971

## EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

_Condiciones comerc. Y libre circulación de EPI.	RD 1407/92	20/11/1992	MRCor.	28/12/1992
Modificación: Marcado "CE" de conformidad y año de colocación.	RD 159/95	03/02/1995		08/03/1995
Modificación RD 159/95.	Orden	20/03/1997		06/03/1997
_Disp. Mínimas de seg. Y salud de equipos de protección individual.	TD 773/97	30/05/1997	M. Presid.	12/06/1997
_EPI contra caída de altura. Disp. De descenso.	UNEEN341	22/05/1997	AENOR	23/06/1997
_Requisitos y método de ensayo: calzado seguridad/protección/trabajo.	UNEEN344/A1	20/10/1997	AENOR	07/11/1997
_Especificaciones calzado seguridad uso profesional.	UNEEN345/A1	20/10/1997	AENOR	08/11/1997
_Especificaciones calzado protección uso profesional.	UNEEN346/A1	21/10/1997	AENOR	09/11/1997
_Especificaciones calzado trabajo uso profesional.	UNEEN347/A1	22/10/1997	AENOR	10/11/1997

## INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA.

_Disp. Mínimas de seg. Y salud para utilización de los equipos de trabajo.	RD 1215/97	18/07/1997	M. Trab.	18/07/1997
MIE-BT-028 del REBT	Orden	31/10/1973	MI	27/12/1973
_ITC MIE-AEM 3 Carretillas automotoras de manutención.	Orden	26/05/1989	MIE	09/06/1989
_Reglamento de aparatos elevadores para obras.	Orden	23/05/1977	MI	14/06/1977
Corrección de errores.				18/07/1977
Modificación.	Orden	07/03/1981	MIE	14/03/1981
Modificación.	Orden	16/11/1981	P. Gob.	21/07/1986
_Reglamento Seguridad en las Máquinas.	RD 1495/86	23/05/1986	P. Gob.	21/07/1986
Corrección de errores.				04/10/1986
Modificación.	RD 590/89	19/05/1989	M.R.Cor.	19/05/1989
Modificaciones en la ITC MSG-SM-1.	Orden	08/04/1991	M.R.Cor.	11/04/1991
Modificación. (Adaptación a directivas de la CEE).	RD 830/91	24/05/1991	M.R.Cor.	31/05/1991

_Regulación potencia acústica de maquinarias	RD 245/89	27/02/1989	MIE	11/03/1989
Ampliación y nuevas especificaciones	RD 71/92	31/01/1992	MIE	06/02/1992
_Requisitos de seguridad y salud en máquinas	RD 1435/92	27/11/1992	M.R.Cor.	07/07/1988
_ITC MIE-AEM 2 Grúas. Torres desmontables para obra.	Orden	28/06/1988	MIE	07/07/1988
Corrección de errores, Orden 28-06-88				05/10/1988
ITC MIE-AEM 4 Grúas, móviles autopropulsadas usadas	RD 2370/96	18/11/1996	MIE	24/12/1996

PAMPLONA, 30 DE AGOSTO DE 2010

ÁLVARO ITOIZ DONAMARÍA